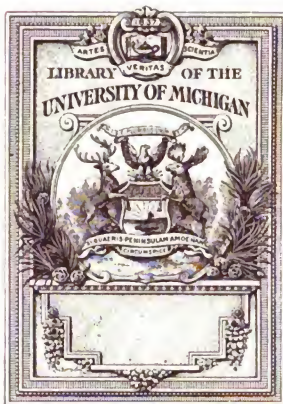


Einleitung in die geologie als historische wissenschaft

Johannes Walther





SCIENCE LIBRARY

QE

26

.W 25

Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.

Beobachtungen über die Bildung der Gesteine und ihrer
organischen Einschlüsse.

Von

Johannes Walther,

Inhaber der Haeckel-Professur für Geologie und Palaeontologie
an der Universität Jena.

- I. Theil: **Bionomie des Meeres.** Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.
- II. Theil: **Die Lebensweise der Meeresthiere.** Beobachtungen über das Leben der geologisch wichtigen Thiere.
- III. Theil: **Lithogenesis der Gegenwart.** Beobachtungen über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche.



Jena

Verlag von Gustav Fischer.

1893/1894.

BIONOMIE DES MEERES.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke
und Existenzbedingungen.

Von

Johannes Walther.

a. o. Professor an der Universität Jena.

. Erster Theil einer

Einleitung in die Geologie
als historische Wissenschaft.



Jena,

Verlag von Gustav Fischer
1893.

I. THEIL:
BIONOMIE DES MEERES.

Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke
und Existenzbedingungen.

Zum Gedächtniss an den Verfasser der

„Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen
Veränderungen der Erdoberfläche“

Karl Ernst Adolf von Hoff

geb. 1771, gest. 1837.

Vorwort.

Im Jahre 1883 habe ich das vorliegende Werk begonnen und seit jener Zeit ununterbrochen daran gearbeitet. Alle meine Reisen in vier Kontinenten hatten kein anderes Ziel, als mich durch eigene Anschauung über gewisse Erscheinungen zu unterrichten; die Mehrzahl meiner Publikationen waren Vorarbeiten und Entwürfe von einzelnen Abschnitten dieses Buches, und viele bisher noch nicht veröffentlichte Beobachtungen sind darin eingestreut.

An der Zoologischen Station zu Neapel lernte ich 1883/4 und 1885 die Meeresfauna und die Sedimente des Golfes von Neapel kennen; längere Fussreisen in den Vulkangebieten vom Albanergebirge bis zum Etna machten mich mit den vulkanischen Erscheinungen vertraut. 1886 und 1887 studirte ich Abrasionserscheinungen an den deutschen und schwedischen Küsten von Helgoland bis Memel und Wisby. 1887 durchzog ich mehrere Monate lang die Wüsten von Nordarabien und Aegypten, und beobachtete einige Wochen hindurch auf den Korallenriffen des Rothen Meeres. 1888 lernte ich durch die Güte des Herrn Dr. MURRAY in Edinburg die Sedimente und Untersuchungsmethoden der Challengerexpedition kennen, und dredgte mit ihm an der Schottischen Westküste. Darauf untersuchte ich das Litoral von Arran, und an der Nordküste von Irland. Im Winter 1888/9 durchstreifte ich Ostindien von Radjputana bis zum Gangesdelta, und vom Himalaja bis Pt.-de-Galle um Laterit, Regur, Deltasedimente, und Korallenriffe in der Palkstrasse, zu untersuchen. 1890 studirte ich die Glazialerscheinungen im Gebiet des Aargletschers. 1891 bereiste ich das Geysirgebiet des Yellowstone-Parkes, die Wüsten von Utah,

Arizona, Neu-Mexiko und Westtexas, und beschäftigte mich mit dem Problem der Thalbildung am Colorado cañon und Niagara. Durch die Güte der Herren Prof. A. AGASSIZ und DAVIS konnte ich die Sedimente des Pourtales-plateaus und des Golfes von Mexiko im Harvard-Museum zu Cambridge durchsehn.

Für meine mehrjährigen systematischen Literaturstudien standen mir die Bibliotheken der Universität und der Naturwissenschaftlichen Institute in Jena zur Verfügung; ausserdem danke ich Herrn Hofrath PERTHES zu Gotha und Herrn Geh. Rath NEYMAYER zu Hamburg, welche mir die Bibliotheken des Geographischen Institutes und der Deutschen Seewarte mit grosser Liberalität öffneten, den Herren Professoren HAECKEL und KALKOWSKY in Jena, CREDNER in Leipzig, sowie vielen anderen Fachgenossen und Freunden, für ihre sachkundige Hilfe und manchen guten Rath bei der Ausarbeitung dieses Werkes.

Indem ich jetzt nach zehnjähriger Arbeit einen Abschluss aller dieser Studien suche, bin ich mir wohl bewusst, dass meine Arbeit fragmentarisch ist, und als Fragment veröffentlicht wird.

Allein ich habe mir noch andere Aufgaben gestellt, und muss ein Ende dieser einleitenden Studien finden.

Möchten die Fachgenossen alle Lücken und Mängel meines Buches nachsichtig beurtheilen; möchte es, trotz derselben, dem aufnehmenden Geologen ein nützlicher Begleiter, dem Lernenden ein Wegweiser sein.

Jena, im Mai 1893.

Der Verfasser.

I. Die Aufgaben und Methoden der Geologie.

Aus den Kosmogonien des Alterthums hat sich der Inhalt der neueren Geologie langsam und allmählig entwickelt; und es war verhängnissvoll für den Verlauf dieser Entwicklung, dass die Frage nach der Entstehungsgeschichte der Erde schon zu einer Zeit aufgestellt wurde, wo die Frage nach dem geologischen Bau der Erdrinde in dem Kreis wissenschaftlicher Erörterungen noch keinen Platz gefunden hatte. Indem man ein Ziel zu lösen bestrebt war, das nur auf sorgfältigster Beobachtung aufgestellt werden kann, musste jeder Lösungsversuch verfehlt und aussichtslos sein.

Deshalb dürfen wir den Anfang einer wissenschaftlichen Geologie erst da setzen, wo man begann die Erdrinde zum Gegenstand eingehender Untersuchung zu machen. Und so entwickelte sich die Geologie als eine beobachtende und beschreibende Wissenschaft, während die geogenetische Spekulation noch bestand, aber immer mehr an Werth verlor. In den „Systemen“ der Vulkanisten, Neptunisten und Plutonisten sehen wir die letzten Ausläufer unkritischer Spekulation verknüpft mit den ersten Anfängen einer exakten Beobachtung. Als man anfang die Erdrinde wissenschaftlich zu untersuchen, bedurfte es einer einheitlichen Nomenklatur. 1756 erschien LEHMANN's „Geschichte des Flötzgebirges“, in welchem die Gesteine Deutschlands beschrieben und geordnet wurden. 1774 veröffentlichte WERNER seine Schrift „Ueber die äusseren Kennzeichen der Fossilien“; und ausgerüstet mit den scharfen Diagnosen dieser und anderer Forscher begann man die Gesteine der Erdrinde zu beschreiben.

Es war die Zeit, wo auch die Mineralogie begann durch Beschreiben sich in der Fülle ihrer Objekte zurechtzufinden. Die Arbeit beider Wissenschaften war hier noch aufs engste verbunden, und so erschienen die ersten geologischen Karten unter dem Titel: Mineralogische Charte. So veröffentlichte MONNET 1780 einen „Atlas mineralogique de la France“, und noch 1800 liess L. VON BUCH seine „Mineralogische Karte“ von Schlesien erscheinen.

Die in den Felsschichten enthaltenen Versteinerungen, welche eine frühere Generation als curiose Naturspiele betrachtet hatte, wurden

in gleicher Weise bestimmt und benannt. GOLDFUSS und L. VON BUCH haben sich auf diesem Gebiet hervorragende Verdienste erworben, und eine grosse Schaar anderer Forscher hat ihr Werk weitergeführt.

Eine neue und überraschende Wendung gewann die geologische Arbeit durch den 1816 von SMITH geführten Nachweis, dass die einander oft sehr ähnlichen, geschichteten Felsarten durch bestimmte Versteinerungen charakterisirt und unterschieden werden können. QUENSTEDT und OPPEL mögen als diejenigen Geologen genannt werden, welche in Deutschland die Stratigraphie der Erdschichten und das System der Leitfossilien mit grossem Erfolge bearbeiteten; mit und nach ihnen wirkten eine Reihe berühmter Fachgenossen. Jetzt konnte die Fülle der Schiefer, Kalke, Mergel und Sandsteine in das System aufeinanderfolgender Formationen eingeordnet werden. Die geologischen Karten gewannen eine andere Gestalt, und wo man früher Kalk und Dolomit, Granit und Porphyrt unterschieden hatte, da zeichnete man jetzt eine einheitlich gefärbte Formation ein.

Inzwischen erkannte man, dass die grossen Formationsabschnitte nicht nur durch verschiedene Fossilien, sondern auch durch ihre Lagerungsweise und ihren tektonischen Verband, selbst wenn Fossilien fehlten, getrennt werden können. Das Streichen und Fallen der Schichten, das man früher nur beiläufig berücksichtigt hatte, wurde von ungeahnter Wichtigkeit und die durch kühne Alpenforscher geförderte Analyse des Alpengebirges wurde der Ausgangspunkt für tektonische Arbeiten auf dem ganzen Erdenrund.

Wenn die beschreibende und die systematisch-anordnende Richtung die Frage nach der Bildungsgeschichte eines Gebirges, eines Landes unberührt lassen konnte, so drängte sich bei tektonischen Studien das genetische Prinzip ganz von selbst der Arbeit auf. Tektonische Störungen nicht nur geographisch zu verfolgen, sondern auch ihre zeitliche Aufeinanderfolge zu bestimmen, wurde ein schönes Ziel geologischer Arbeit.

Auf diese Weise wurde allmählig der Weg wieder vorbereitet, auf dem die Geologie ihre ersten vergeblichen Schritte gethan hatte. Die Frage nach der Beschaffenheit der Erdrinde wurde der Ausgangspunkt für das Problem nach der Geschichte der Erdrinde. Die lange Zeit als unexakt und unwissenschaftlich bei Seite gestellte „Erdgeschichte“ gewann wissenschaftliche Berechtigung, seitdem sie die Beobachtung zur Grundlage und zum Leitfaden ihrer Betrachtungen machte. Und so brach sich überall jene Richtung Bahn, welche die Geologie als eine historische Wissenschaft betrachtet. Durch die sorgfältigen Studien der Petrographen sind uns die Eruptivgesteine heute nicht mehr blose Aggregate von Mineralien, sondern bestimmte Erstarrungsmodifikationen vulkanischer Laven. Die Schichtgesteine sind uns nicht mehr nur Horizonte von bestimmten Eigenschaften, sondern verhärtete Sedimente fossiler Meere. Die Versteinerungen sind nicht allein Leitfossilien von bestimmter Form, sondern die Ueberreste gestorbener Organismen.

Keine der anderen Richtungen und Arbeitsweisen wird durch diese neuen Probleme entbehrlich gemacht. Mineralogie und Petrographie, Paläozoologie und Paläophytologie, Stratigraphie und Geotektonik sind nach wie vor die grundlegenden Disciplinen, aber

der Forschungsinhalt hat sich erweitert, die Einsicht vertieft, das Ziel erhöht. Neue Aufgaben und Probleme treten zu den bestehenden heran und verlangen neue, besondere Methoden der Forschung. Auf vielverschlungenen Pfaden haben sich diese verschiedenen Arbeitsweisen nacheinander und nebeneinander entwickelt, und je mehr man sich vertieft in die inneren Zusammenhänge der verschiedenen Richtungen, desto schwieriger erscheint es, dieselben in einer gegebenen Abhandlung zu unterscheiden und zu trennen. Denn der Weg, welchen die Geologie im Laufe ihres hundertjährigen Bestehens durchlaufen hat, findet nun bei jeder geologischen Untersuchung eine überraschende Wiederholung. Jede Einzelarbeit muss dieselben Stadien in kurzen Etappen durchlaufen, die einst von der Wissenschaft als solcher zurückgelegt worden sind — es ist ein palingenetischer Vorgang.

Wenn wir also, wie wir es für die allgemeinen Phasen in der Geschichte der Geologie angedeutet haben, auch die einzelnen Probleme, die verschiedenen Aufgaben, welche in einer geologischen Einzelarbeit zum Ausdruck kommen, einmal kritisch auseinanderlegen und einander methodisch gegenüberstellen wollen, so kann es uns nicht entgehen, dass sich die geologische Arbeit in dreifacher Richtung bethätigt.

Die Untersuchung beginnt damit, dass man die Gesteine, welche die Erdrinde aufbauen, nach Zusammensetzung, Lagerung und Fossilgehalt beschreibt. Das Gebiet solcher descriptiver Arbeit lässt sich willkürlich begrenzen. Man kann eine vereinzelte Bergkuppe oder ein politisch abgegrenztes Land geologisch beschreiben, ohne dabei inneren Schwierigkeiten zu begegnen. Diese descriptive Richtung in der Geologie wird als Geognosie besonders unterschieden.

Eine zweite Weise geologischer Arbeit vergleicht die Profile der einen Stelle mit anderen ähnlichen Profilen, in der Absicht, die „normale“ Aufeinanderfolge der Schichten (Horizonte) und der darin enthaltenen Versteinerungen (Leitfossilien) festzustellen. Diese einordnende Richtung, welche als Stratigraphie oder Formationslehre bezeichnet wird, ist systematischer Natur. Ausgehend von dem Grundsatz, dass ein gegebener geologischer Horizont über die Erde hinweg verfolgt, und überall durch dieselben Fossilien wieder erkannt werden könne, stellt sich die systematische Geologie oder Formationslehre die Aufgabe, die normale Aufeinanderfolge aller geologischen Schichten und der darin enthaltenen leitenden Fossilien festzustellen. Die Formationslehre lässt sich nicht mehr auf ein geographisches Gebiet beschränken. Dagegen sind ihrer erfolgreichen Arbeit andere geologische Grenzen gezogen. Die Trias von Thüringen lässt sich mit der von Hessen vergleichen, und die Mehrzahl der Stufen in der einen Ausbildung kann in der anderen wiedererkannt werden. Aber die Absicht, alle mitteldeutschen Triashorizonte in der Trias des Himalaja wiederzusehen, stösst auf ebensolche Schwierigkeiten wie der Versuch, die obertriasischen Schichten von Südtirol mit den Leitfossilien des mitteldeutschen Keupers zu gliedern.

Hat der Geologe ein gegebenes Gebiet petrographisch und paläontographisch beschrieben, die vorhandenen Schichten stratigraphisch gegliedert und die Leitfossilien bestimmt, so tritt schliesslich an ihn als dritte Aufgabe heran, die beobachteten Erscheinungen geschichtlich

zu erklären. Die Geologie als historische Wissenschaft wird neuerdings vielfach als Erdgeschichte bezeichnet.

Die Geologie als historische Wissenschaft stellt sich das Ziel: die Geschichte der Erde zu ergründen, die Vertheilung von Meer und Festland, von Ebene und Gebirge, von Klimazonen und thiergeographischen Regionen in früheren Erdepochen zu erkennen. Ihr sind keine willkürlichen Grenzen zu ziehen; aber auch die geologischen Grenzen, welche die Gliederungen der Formationslehre regional beschränken, dürfen das Arbeitsfeld der Erdgeschichte nicht bannen. Während die Stratigraphie bei der Behandlung der Trias auf die Gegensätze zwischen deutscher und alpinen Ausbildung hinzuweisen und dieselben gegenüber zu stellen sich bemüht, sucht die Erdgeschichte das Gemeinsame der beiden Provinzen zu erfassen und die Zusammenhänge gleichzeitiger Absätze in verschiedenen Meerestheilen, gleichzeitiger Faunen von verschiedener Zusammensetzung nachzuweisen.

Der Geologe ist bei seiner Arbeit von der Beschreibung lokaler Verhältnisse ausgegangen; indem er seine Profile stratigraphisch gliedert, greift er über sein Arbeitsgebiet hinaus in das umgebende Land; und wenn er historisch erklärt, so überschaut er von der Warte eines höheren Standpunktes die reichen und mannichfaltigen Beziehungen, welche sein kleines Arbeitsgebiet an die grosse, vielgestaltige Erdenwelt knüpfen und erweitert seinen Einblick zu einer umfassenden Uebersicht. Die Geologie als historische Wissenschaft kann nicht für sich bestehen, denn die beschreibende Geognosie und die systematische Formationslehre sind die nothwendigen Grundlagen, deren sie nicht entbehren kann. Der Geologe gleicht dem Titanen Antäos, der nur so lange seine Kraft besass, als er noch die mütterliche Erde berührte.

Der dreifachen Aufgabe geologischer Forschung sucht man auf verschiedenen Wegen und unter Zuhilfenahme verschiedener Wissenschaften gerecht zu werden. Und wenn wir die bei jeder erfolgreichen Arbeit nothwendigen Problemgruppen als: Richtungen, die dabei einzuschlagenden Forschungswege als: Methoden, die hierfür nothwendigen verwandten Disciplinen als: Hilfswissenschaften einmal künstlich auseinanderlegen und von einander scheiden wollen, so ergibt sich folgendes Bild:

I. Die Geologie als beschreibende Wissenschaft bedarf der Physik, um die Farbe und Härte eines Gesteines, der Chemie, um seine molekulare Beschaffenheit, der Mineralogie, um seine krystallisirten Bestandtheile, der Petrographie, um das Gefüge der letzteren zu untersuchen. Mit Hilfe der Zoologie, Botanik und Paläontologie bestimmt und beschreibt man die organischen Einschlüsse, und die Histologie lehrt uns deren mikroskopischen Eigenschaften kennen. Alle diese Hilfswissenschaften bieten dem Geologen, so lange er beschreibt, ihre Untersuchungsmethoden und ein reiches Vergleichsmaterial, welches ihn in den Stand setzt, geognostisch zu forschen.

II. Die Geologie als systematische Wissenschaft ordnet die Aufeinanderfolge der vorher beschriebenen Schichten. Die Formationslehre kann daher keine der genannten Wissenschaften entbehren. Zu ihnen gesellt sich die Tektonik mit besonderen Axiomen und Gesetzen.

III. Während die Geognosie beschreibt, die Formationslehre ordnet, ist die Erdgeschichte eine erklärende Disciplin; und daher bedarf die Geologie als historische Wissenschaft anderer Methoden und anderer Hilfswissenschaften, um ihr hohes Ziel zu erreichen. Es sind vornehmlich vier Wege und Methoden, welche dem forschenden Geologen erlauben, einen Blick zu thun in die Vorgeschichte unserer Erde, und die einzelnen Phasen derselben zu ergründen:

Die erste ist die astrophysische Methode. Lange bevor sich unser Planet eine erstarrte Rinde bildete, welche der Schauplatz aller folgenden geologischen Veränderungen, der Wohnsitz von Pflanzen und Thieren und unseres eigenen Geschlechtes werden sollte, war die Erde ein Stern, der sich nach den uralten Gesetzen, welche das Himmelsgewölbe beherrschen, um die Sonne drehte. Alle Bildungsstufen, welche unsere Erde während dieser Zeit durchlief, können nur mit Hilfe astronomischer Untersuchungen und physikalischer Spekulation studirt werden. Und wie ein Erbstück aus jener Zeit erscheinen uns jetzt noch die Erdbeben, Dislokationen und Vulkane. Auch die Probleme der Oszillation und Transgression knüpfen sich an astrophysische That-sachen und Betrachtungen an.

Als zweite treffen wir die tektonische Methode. Wenn die Tektonik schon in der Formationslehre eine bedeutsame Rolle spielte, so gewinnt sie doch in der Erdgeschichte eine noch grössere Bedeutung. Astronomie und Physik erklären uns die Geschichte der Erde bis zur Bildung einer festen Erstarrungsrinde; sie enthüllen uns die Ursachen jener Vorgänge, welche Faltengebirge aufthürmen, Kesselbrüche in die Tiefe senken und Vulkane aufschütten. Die Tektonik zeigt uns das mechanische Gefüge der Erdrinde; sie setzt uns in den Stand, die nachträglich verschobenen Erdschollen zu reponiren, die Verbreitung der Transgressionen zu erkennen, Horste von Inseln zu unterscheiden, und den Verlauf abgetragener Faltengebirge ebenso festzulegen, wie die Narben denudirter Vulkane.

Um noch genauer die Vorzeit unseres Planeten zu enträthseln und die Wirkungen geologischer Vorgänge ursächlich zu erkennen, bedient man sich der Experimentalmethode. Die glänzenden Erfolge, welche Chemie, Physik und Mineralogie dadurch errungen haben, dass sie das Experiment zum Prüfstein jeder theoretischen Betrachtung erwählten, war die Veranlassung, dass man diese Methode auch auf die Geologie übertrug, und die grossen geologischen Vorgänge im Laboratorium zu wiederholen suchte. Das Resultat eines geologischen Versuches ist exakt und beweiskräftig für die Bedingungen, unter denen der Versuch angestellt wurde, ist also von physikalischer oder chemischer Seite unanfechtbar. Allein indem wir den Laboratoriumsversuch auf die Erdgeschichte übertragen, und aus der Aehnlichkeit der Wirkung auf die Gleichheit der Ursachen schliessen, verlassen wir den sicheren Boden exakter Beweisführung.

Versuch und geologischer Vorgang sind oftmals incommensurable Grössen; verschiedene Ursachen können die gleiche Wirkung erzielen; und das an sich einwandfreie Experiment gewinnt den Charakter einer Hypothese, indem wir es geologisch verwerthen. Die Experimental-methode ist also an sich noch nicht beweiskräftig, sie bedarf einer weiteren Ergänzung, wenn wir mit Erfolg historisch forschen wollen.

Man kann Kohle erzeugen durch Erhitzung von Holz, durch langandauernde Reibung, durch Druck, durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Cellulose, durch Verbrennen von Terpentinöl, und andere Experimente. Jeder dieser Versuche ist an sich gleich exakt und gleichwerthig, allein wenn es sich um die Bildung der Kohlenlager handelt, müssen wir uns entscheiden, welcher Versuch erklären soll. Man kann ein Faltengebirge mit plastischen Thonplatten ebenso erzeugen durch Seitenschub, wie durch eine hebende Bewegung — in beiden Fällen ist der Versuch für sich einwandfrei, und doch kann nur das eine von beiden richtig sein.

Um also aus der Zahl der durch Versuche uns zur Erklärung disponibelen Vorgänge die richtige Wahl zu treffen, bedarf es noch eines anderen Hilfsmittels, wenn wir exakte, endgiltige Resultate gewinnen wollen.

Mit Recht weist KEILHAU¹⁾ darauf hin: Es liegt in der Natur der Sache, dass wir wohl nie von den ephemeren Experimenten unserer Laboratorien vollkommene Aufschlüsse über die säkularen Veränderungen ganzer Gebirgsmassen erwarten dürfen, sondern diese hauptsächlich in der geologischen Beobachtung suchen müssen. Und ZIRKEL²⁾ bestimmt den Wirkungskreis der experimentalen Methode in seiner Rektoratsrede: Wo es sich um die genetische Erkenntniss einer abgeschlossenen, früher erfolgten Thatsache handelt, da ist diejenige Erklärung die befriedigendste, welche in den aktiven, vor unseren Augen sich abspielenden geologischen Phänomenen die meisten Analogien findet. Und diese Prozesse, die noch jetzt auf der Erdoberfläche vor sich gehen, in mancher Hinsicht die modifizierte Fortsetzung der früheren, sie sollten gleichsam die Schule des Experimentators bilden, wo er die Versuche studirt, welche die Natur hier gewissermassen eigenhändig zu seinem Besten vornimmt. So unterrichtet, darf er daran gehen Versuche zu ersinnen und zu leiten, welche sich heutigen Tages wenigstens offenbar vor unseren Blicken überhaupt nicht wiederholen, sondern als einzigen Zeugen ein Endergebniss hinterlassen haben, das keine Spur der vermittelnden Thätigkeit mehr bewahrt, wodurch es hervorgebracht wurde.

Diese vierte Art geologischer Erklärungsversuche, die man gewöhnlich als Aktualismus bezeichnet, wollen wir die ontologische Methode³⁾ nennen. Sie besteht darin, dass wir aus den Erscheinungen der Gegenwart die Vorgänge der Vergangenheit zu ergünden suchen. Aus dem Sein erklären wir das Werden.

So wie die historisch erklärende Betrachtungsweise eines geologischen Problems erst dann eintreten kann, wenn die beschreibende und systematische Arbeit mit aller Sorgfalt beendet ist, so schliesst sich die ontologische Methode als letzte an die früher geschilderten Wege geologischer Arbeit an. Es bleibt jedem Forscher unbenommen,

1) KEILHAU, N. Jahrb. f. Min. 1841. S. 125 Ref.

2) ZIRKEL, Das Experiment in der Geologie. Leipzig 1885. S. 25.

3) In der Philosophie und Theologie hat das Wort „Ontologie“ eine etwas andere Bedeutung, als die ist, welche wir ihm hier beilegen. Allein, da das Wort sinngerecht ist, und die Geologie keine theoretischen Berührungspunkte mit diesen Wissenschaften hat, glaubte ich diese Bezeichnung einführen zu dürfen.

seine Arbeit mit der Beschreibung oder der stratigraphischen Einordnung abzuschliessen — wenn er aber historisch erklären will, muss er zuerst beschrieben und geordnet haben; und selbst die ontologische Methode kann ohne Tektonik und ohne Experiment nur unvollkommene Ergebnisse bringen.

Die Entstehung erloschener Vulkane erschliessen wir, indem wir die Bildung thätiger Vulkane beobachten; die Geschichte eines fossilen Korallenriffes ergründen wir, indem wir lebende Korallenriffe untersuchen; und die Meerestiefe, in welcher eine fossile Austernbank gebildet worden ist, erkennen wir, wenn wir vergleichen in welchen Tiefen die Gattung *Ostrea* heutzutage lebend gefunden wird.

In vielbändigen Zeitschriften, grossen Monographien und zahlreichen Abhandlungen verstreut ist das Material, welches uns in den Stand setzt, die ontologische Methode auf die Probleme der Geologie anzuwenden; und die Schwierigkeit, die betreffenden Literaturangaben zu finden, entschuldigt es, dass viele Fragen der Erdgeschichte kaum in Angriff genommen worden sind.

Während es an Hilfsbüchern nicht fehlt, in denen die astrophysischen, tektonischen und experimentalen Fragen für geologisch-historische Probleme vorbereitet und angewandt werden, besitzt unsere Literatur kein Buch, in dem das zusammengestellt ist, was die erfolgreiche Handhabung der ontologischen Methode, selbst in den am häufigsten vorkommenden Fragen, ermöglicht.

Der Geologe will in erster Linie die Bildung der Gesteine, in zweiter Linie die Bedingungen, unter denen die fossilen Organismen gelebt haben und gestorben sind, beurtheilen können, und doch ist noch keine Zusammenstellung der einschlägigen Thatsachen vorhanden. Diesen Zweck soll vorliegendes Werk erfüllen. Seine Ueberschrift hätte daher auch vielleicht lauten können: „Materialien zur Handhabung der ontologischen Methode.“ Es ist der Versuch einer Einleitung, nicht in die gesamte Geologie, sondern nur in die Geologie als historische Wissenschaft.

II. Zur Geschichte der ontologischen Methode.

Die ontologische Methode ist so alt wie die wissenschaftliche Geologie. Die wichtigsten Fortschritte der Erdgeschichte sind mit ihr erkämpft worden. Jahrhunderte hindurch hatte man die Versteinerungen als misslungene Schöpfungsversuche, als seltene Naturspiele betrachtet. Da zeigte um das Jahr 1500 LIONARDO DA VINCI, dass die versteinerten Muscheln die Ueberreste ausgestorbener Meeresgeschöpfe seien, denn sie glichen in allen Theilen jenen Muscheln, welche man heute noch am Meeresstrande aufliegt. Und welche Fülle von Erkenntnissen hat seit jener Zeit die Paläontologie dadurch zu Tage gefördert, dass sie die versteinerten Reste nach den unverweslichen Theilen lebender Thiere beurtheilt.

Es scheint uns heute selbstverständlich, dass die versteinerten Thiere in das System der lebenden Fauna eingeordnet werden, allein es hat harte Kämpfe gekostet bis die ontologische Methode Sieger blieb. Das vielgerühmte Gesetz von der Correlation der Organe fusst einzig und allein auf einem sorgfältigen Studium der lebenden Thierorganisation und ist nur eine spezielle Anwendung der ontologischen Methode.

Aus den Kosmogonien der heiligen Bücher hat sich die wissenschaftliche Erdgeschichte entwickelt, und wenn wir Umschau halten und die Geschichte der Geologie betrachten, so sehen wir überall die ontologische Methode als siegreiche Waffe in der Hand genialer Männer. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier eine Geschichte unserer Wissenschaft zu schreiben; nur einige lehrreiche Beispiele wollen wir herausgreifen: 1740 veröffentlichte LAZARO MORO ein Werk de „*crostacei e degli alteri marini corpi che si trovano su monti*“ und fand in GENERELLI einen begeisterten Anhänger, welcher 1749 vor der Akademie zu Cremona die Ansichten seines Lehrers auseinandersetzte. GENERELLI sagte hier, dass man die Geschichte der Erde „*senza violenze, senza finzioni, senza supposti, senza miracoli*“, nur aus den Erscheinungen der Gegenwart erklären dürfe.

Nach dem Zeugniß von **LYELL**¹⁾ ist „**HUTTON** der erste gewesen, welcher mit allen hypothetischen Ursachen der Erdbildung aufräumte und die früheren Veränderungen der Erdoberfläche ausschliesslich auf natürliche Vorgänge gründete.“

Man könnte daraus schliessen, dass **HUTTON** das Prinzip der ontologischen Methode zuerst erkannt und zuerst angewandt habe, allein das letztere ist nicht der Fall. **PLAYFAIR**²⁾ sagt zwar: „**HUTTON** liess sich bei seinen Untersuchungen leiten durch den philosophischen Grundsatz *causam naturalem et assiduam quærimus, non raram et fortuitam*, und so bietet uns seine Theorie ein System weiser und vorsichtiger Selbstbeschränkung, in welchem dieselben Kräfte immer in Thätigkeit sind.“ Und auf S. 289 sagt er: „so müssen wir die Thätigkeit der Kräfte enthüllen, welche wir zu sehen gewohnt sind, aus den Wirkungen, welche eine unbekannte und ansserordentliche Ursache vermuten lassen.“

Allein, wenn wir von der Erklärung der Konglomerate durch die Bewegung der Meereswellen am Strande und ähnlichen Einzelheiten absehen, ist bei **HUTTON** die Aufstellung hypothetischer Erklärung, losgelöst von aktuell beobachteten Erscheinungen, ebenso nachzuweisen wie bei seinen so heftig bekämpften Gegnern, **WERNER**, **KIRWAN** u. A. Und wenn **HUTTON** den Absatz aller geschichteten Gesteine, einschliesslich der Steinkohlen, im Meere sieht, wenn er am Meeresgrund durch die aufsteigende Erdwärme die Sandsteine zusammenfritten, die Septarien zerspringen und Salzkristalle zu kompaktem Steinsalz zusammenschmelzen lässt, so stehen ihm hierfür weder Experimente, noch aktuell beobachtete Erscheinungen zur Verfügung.

Viel höheren Werth müsste man in dieser Hinsicht den Versuchen **GOETHE'S** Bedeutung beilegen, welcher im Ziegelofen zu Zwätzen bei Jena eine ganze Reihe von Gesteinen erhitzen liess, um die Kontaktwirkung vulkanischer Wärme zu studieren.

Das Verdienst, die ontologische Methode in ihrer Bedeutung für die Geologie klar erkannt und die ersten methodischen Arbeiten in dieser Richtung veranlasst zu haben, gebührt der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, welche³⁾ im Jahre 1818 als Preisaufgabe stellte: „Die gründlichste und umfassendste Untersuchung über die Veränderungen der Erdoberfläche, welche in der Geschichte sich nachweisen lassen und die Anwendung, welche man von ihrer Kunde bei Erforschungen der Erdrevolutionen, die ausser dem Gebiete der Geschichte liegen, machen kann.“

Vier Jahre später erschien als preisgekrönte Arbeit der erste Band einer „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“ von **KARL ERNST ADOLF VON HOFF**⁴⁾.

1) **LYELL**, *Principles of Geology*, 1872, I, S. 73.

2) *Explication de PLAYFAIR sur la Théorie de la Terre par HUTTON*, übersetzt von **BASSET**, Paris 1815, S. 390.

3) *Göttinger gel. Anzeigen*. 1818, Nr. 205.

4) **KARL ERNST ADOLF VON HOFF** wurde geboren zu Gotha am 1. November 1771, studierte von 1789 in Jena und Göttingen Rechtswissenschaft und wurde durch **BLUMENBACH** für die Geologie interessirt. Er widmete sich der diplomatischen Laufbahn, unterzeichnete 1806 als Gothaischer Gesandter die Rheinbundakte, wohnte 1808 dem Congress in Erfurt bei, und unterzeichnete 1813 in Frankfurt a. M. den Beitritt Gothas zum Deutschen Bund. 1817 war er bei der Reform

Der zweite Band erschien 1824, der dritte 1834, ein vierter und der letzte Band erschienen 1840/1 nach dem Tode des Verfassers.

Nach den zeitgenössischen Berichten zu urtheilen, machte das Buch wenig Aufsehen. VON HOFF vertheidigte sich gegen eine in der Zeitschrift *Hermes*¹⁾ erschienene Kritik mit einer Antikritik in der *Jenaischen Literaturzeitung*²⁾. Dass das Buch aber in manchen Kreisen viel besprochen wurde, geht aus einer Bemerkung von GOETHE³⁾ hervor, welcher schrieb: Hier liegt ein Schatz, zu welchem man immer etwas hinzuthun möchte, indem man sich daran bereichert.

Wenn wir heute, nachdem die Wissenschaft 70 Jahre weiter vorgeschritten ist, das VON HOFF'sche Werk zur Hand nehmen, so müssen wir staunen über das zielbewusste Streben, von dem es Rechenschaft giebt. VON HOFF hatte nicht nur erkannt, welch' hohe Bedeutung die ontologische Methode für den Fortschritt der Geologie habe, er zog auch den folgerichtigen Schluss, dass man jene Methode nur dann handhaben könne, wenn die geologischen Vorgänge der Gegenwart jedem Forscher in handlicher Sammlung zu Gebote ständen. Mit folgenden Worten bestimmt er seine Aufgabe:

Wir⁴⁾ müssen vor allen Dingen untersuchen, ob die jetzt vor den Augen des Menschengeschlechtes wirkenden Naturkräfte und insbesondere die Art, wie sie wirken, nicht schon allein und nur mit Ausdehnung ihrer Wirksamkeit durch grosse — sehr grosse Zeiträume hinreichend gewesen sein möchten, die äusseren Formen der Erdoberfläche und einen bedeutenden Theil der die oberste Rinde bildenden Massen so hervorzubringen und auszubilden, wie man sie jetzt findet? — oder ob es wirklich nothwendig ist, ausserdem noch plötzliche, weitverbreitete und ausserordentliche Revolutionen von einer Art, von welcher in der geschichtlichen Ueberlieferung keine Spuren mehr vorkommen, anzunehmen, um darauf nach der Weise der meisten Geologen Systeme der Erdbildung zu gründen? — Systeme, bei welchen man gewöhnlich Sparsamkeit nur übt an den ohne Maass zu Gebote stehenden Zeiträumen der Vergangenheit, und dagegen die überall in der Natur nach

der Universität Jena theilhaftig und seit 1832 stand er als Geheimer Konferenzrath an der Spitze der wissenschaftlichen und Kunstsammlungen von Gotha. Während eines Aufenthaltes in Berlin 1807 entstand in der Havel eine neue Insel, und durch eingehende Beschäftigung mit diesem Problem wurden seine Forschungen auf das Studium der historisch nachweisbaren Veränderungen der Erdoberfläche hingelenkt. Zur selben Zeit stellte die Göttinger Gesellschaft der Wissenschaft eine Preisaufgabe gleichen Sinnes, welche KARL VON HOFF durch sein 1822—1841 erschienenes Werk: „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“ löste. Ausser diesem fundamentalen Werk schrieb er u. A. folgende Bücher: Das Deutsche Reich vor der Franz. Revolution und nach dem Frieden von Luneville. 2 Bde. Gotha 1801—5. Gemälde der physischen Beschaffenheit, insbesondere der Gebirgsformationen von Thüringen. Erfurt 1812. Geognostische Bemerkungen über Karlsbad. Gotha 1825. Höhenmessungen in und um Thüringen. Gotha 1833. Von 1801—1816 gab er den Gotha'schen Hofkalender heraus. KARL VON HOFF starb am 24. Mai 1837.

1) *Hermes*, 1823, Nr. XVIII, S. 89.

2) *Jen. Literaturzeitg.*, *Intelligenzblatt* 1823, Nr. 54, S. 426.

3) *Annalen oder Tages- und Jahreshefte* 1822.

4) *Geschichte der Natürl. Ver.* I., S. 26.

strengen Gesetzen gemessenen und gewogenen Kräfte und ihre nicht minder gemessenen Wirkungen mit verwegenen Händen zu steigern bemüht ist und sie ohne Maass vergeudet.

In der Vorrede zum zweiten Bande sagt er über den Inhalt seines Werkes: Um meine Arbeit zu einem Ganzen zu bilden, musste ich gewisse, mir natürlich scheinende Gesichtspunkte für die zusammengestellten Thatssachen fassen, denn ohne diese würde das Verzeichniss dieser Thatssachen als ein ganz geistloser Körper dagestanden haben.

Und wahrlich, grosse Gesichtspunkte und sorgfältige Spezialforschung sind die hervortretenden Charaktere seines Werkes.

Wir können heute KARL VON HOFF nicht gerecht werden, wenn wir nicht im Auge behalten, welche Probleme die damalige Geologie bewegten und andererseits wie lückenvoll die Kenntniss des Meeres und seiner Organismen damals war. Wenn wir solches bedenken, dann verstehen wir auch, warum VON HOFF wohl alle vulkanischen Ausbrüche, alle ihm bekannten Erdbeben, alle Abrasionserscheinungen und Strandverschiebungen registrirt, und dagegen über Sedimentbildung, über die Erstarrung vulkanischer Laven oder über die Lebensverhältnisse der marinen Tierwelt so wenig Angaben bringt.

Für die Probleme, welche die Gegenwart bewegen, wird der forschende Geologe nicht viel verwerthbare Angaben bei KARL VON HOFF finden. Wenn wir aber sein Werk im Rahmen seiner Zeit betrachten, dann müssen wir den genialen Geist dieses Mannes bewundern.

Mein vorliegendes Buch ist weiter nichts als eine moderne Bearbeitung der Aufgabe, welche sich auf Anregung der k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vor 70 Jahren KARL VON HOFF gestellt hatte; und ich betrachte es als eine Pflicht der Dankbarkeit, wenn ich seinen Namen auf das Widmungsblatt meines Buches schreibe.

Die „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche“ gewann keinen Einfluss auf den Gang der Wissenschaft, sie bereitete aber in Deutschland den Boden vor für LYELL's *Principles of Geology*, welche 1830 zuerst erschienen und jenen Erfolg errangen, den KARL VON HOFF vergeblich erwartet hatte.

LYELL wandte in diesem Buch die ontologische Methode mit solchem Geschick und so grossem Erfolge an, dass sich seitdem der „Aktualismus“ an seinen Namen knüpft. Wir dürfen zwar nicht sagen, dass er der Begründer der ontologischen Methode war, jedenfalls müssen wir ihn aber als den bedeutendsten Vertreter dieser Richtung bezeichnen.

Es ist eine seltsame Thatssache, dass LYELL in seiner Geschichte der Geologie zwar KARL VON HOFF bei Besprechung des Kaspischen Meeres citirt, aber nirgends die epochemachende Bedeutung des Mannes auch nur andeutet.

Umsomehr muss es uns freuen, wenn A. GEIKIE¹⁾ folgendes schreibt: It was reserved for a foreign scientific Society to recall the thoughts of men to the revolutions which the land had undergone within the time of human chronicles, and for the illustrious VON HOFF to gather the historical evidence of these revolutions — a task which has since been so worthily followed up and extended by LYELL.

1) A. GEIKIE, *Life of Sir Rod. Murchison*. London 1875, I, S. 110.

^{*)} alther, Einleitung in die Geologie.

Kaum eine grössere geologische Frage ist in unserem Jahrhundert diskutirt worden, ohne dass die ontologische Methode eine befriedigende Lösung des Streites herbeiführte.

Gegenüber der Theorie der Erhebungskrater von L. VON BUCH zeigten SCROPE und PREVOST durch das Studium thätiger Vulkane, dass die Neigung der Tuffschichten eine ursprüngliche sei.

Die Petrodilaunische Fluth, welche die erratischen Blöcke von Skandinavien nach Deutschland gebracht haben sollte, wurde durch das Studium jetziger Gletscher widerlegt; und selbst in dem letzten Kampf zwischen Drifttheorie und Inlandeistheorie ist das Studium des nordischen Binneneises der Ausgangspunkt richtiger Auffassung geworden.

Wohin wir in der neueren Geschichte geologischer Probleme blicken, überall sehen wir die glänzenden Erfolge, welche die ontologische Methode errungen hat. Sie allein hat es veranlasst, dass die Paläontologie der Zoologie die Hand reichte, dass die Geologie und die Geographie sich in vielen Berührungspunkten vereinigen. Und was kühne Forschungsreisende aus den Urwäldern Centralafrikas oder den Eiswüsten Grönlands berichten, was maritime Expeditionen aus den Abgründen der Tiefsee heraufbringen, und was die wissenschaftliche Meteorologie erforscht — Alles wird der Geologie dienstbar gemacht. Der Geologe kann keine Reisebeschreibung, keine botanische oder zoologische Zeitschrift zur Hand nehmen, ohne überall Materialien zu finden, welche für die Lösung erdgeschichtlicher Fragen von Bedeutung sind.

III. Die Wege der ontologischen Methode.

Der Geologe tritt an die unbelebte Natur heran mit der Absicht, die unabsehbare Fülle von einzelnen Thatsachen geistig zu beherrschen. Und da es ebenso unmöglich wie unbefriedigend sein würde, jede Einzelheit, jedes Profil und jedes Fossil in Wort und Bild darzustellen, sucht man die einzelnen Thatsachen zu Thatsachengruppen zu vereinigen und die Summe der Erscheinungen unter Gesichtspunkten zusammenzufassen.

Ausgestattet mit einer kunstvollen Nomenklatur beschreiben wir die hervorstechenden Merkmale eines Fossils und bilden eine Spezies, fassen wir verwandte Formen zur Gattung zusammen.

Wir beschreiben ein gut aufgeschlossenes Profil, und das zuerst beschriebene dient als Normalprofil für alle folgenden, später untersuchten Aufschlüsse.

So beschreiben und ordnen wir die Einzelheit unter höhere Werthe.

Das Kausalbedürfniss macht sich geltend, und zu dem Wunsche, die Natur zu kennen, tritt das tiefe Streben nach kausaler Erkenntniss. Wir suchen zu erklären.

Aber wo sollen wir beginnen? welche Erscheinungen versprechen die werthvollsten Aufschlüsse? was dünkt uns am wichtigsten?

Die Antwort auf diese Fragen wird verschieden ausfallen, je nach den persönlichen Neigungen des einzelnen Forschers. Während der Eine die Entstehung der technisch so wichtigen Kohlenlager erklären möchte, interessirt den Anderen mehr die Entstehung eines DreikanTERS. Wenn Dieser die Frage nach den Vorfahren der Ammoniten für das brennende Problem hält, überwiegt bei Jenem das Interesse für den prähistorischen Menschen.

Wenn man es unternehmen wollte, alle diejenigen Thatsachen zu sammeln, welche die Anwendung der ontologischen Methode für jedes auftauchende Problem ermöglichte, so würde ein Sammelwerk entstehen, welches die Kräfte eines Menschen unendlich überstiege, wenn überhaupt ein solches Werk möglich wäre.

Und selbst wenn man glauben könnte, dass alle hierfür verwendbaren Thatssachen beobachtet und beschrieben wären, so würde es eine unerfüllbare Aufgabe sein, alles das vielverstreute Material zu sammeln und so zu ordnen, dass es für jedes beliebige Problem angewandt werden kann.

Gründe allgemeiner und persönlicher Natur waren es also, welche mich bestimmten, mein Ziel enger zu begrenzen.

Wenn wir die Gegenstände geologischer Forschung, welche am häufigsten untersucht werden, die Probleme, welche am meisten dem aufstrebenden Geologen entgegenreten, für die wichtigsten halten dürfen, so beanspruchen die Entstehung der Gesteine und die Lebensumstände der versteinerten Meeresthiere unser grösstes Interesse.

Infolgedessen gliedere ich meinen Stoff in drei Theile. In dem einen Band behandeln wir die Bildung der Gesteine. Wir betrachten hier den gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche als einen geologischen Horizont. Alle gesteinsbildenden Vorgänge, von der Verwitterung im Hochgebirge bis zu den Sedimenten der Tiefsee, von der denudierenden Thätigkeit der Gletscher bis zu dem Aufbau von Koralleninseln, von den Salzlagern der abflusslosen Wüsten bis zu den Torfbildungen der Urwälder, wollen wir so zu schildern versuchen, als ob plötzlich die ganze Erdoberfläche fossil werden könnte und einem künftigen Geologen auf dem Querschnitt des Profils zur Untersuchung vorläge.

In einem zweiten Theil betrachten wir die Lebensweise der Meeresthiere. Wir sehen dieselben als werdende Fossilien an, und stellen das zusammen, was zur Erläuterung ihrer Lebensumstände nöthig erscheint. Da es den Geologen in erster Linie interessirt, in welcher Wassertiefe eine Thiergattung gelebt hat, so ist auf diese Seite des Vorkommens besonderes Gewicht gelegt. Eine Reihe von Fragen allgemeiner Art, über die Erhaltungsmöglichkeit einzelner Reste und über die geologische Beweiskraft der verschiedenen Gruppen schliesst sich daran.

In einem dritten Theil endlich schildern wir die Grundzüge einer Bionomie¹⁾ des Meeres. Wir verstehen darunter die Lehre von den Wohnsitzen der marinen Organismen und die gesetzmässige Abhängigkeit ihrer Verbreitung von äusseren Umständen.

In der Mehrzahl der Fälle sind die geologisch erhaltenen Thiergenossenschaften weiter nichts als Meeresfaunen. Aber lückenhaft wie die Thierreste sind die Umstände ihres Lebens uns überliefert. Nur derjenige Geologe, welcher einen Einblick in die Zusammenhänge der marinen Lebensbezirke der Gegenwart gewonnen hat, wird im Stande sein, die versteinerten Ueberreste einer fossilen Lebensgenossenschaft zu beurtheilen und zu würdigen. Die Faktoren, welche dem organischen Leben im Meere schädlich sind, ebenso wie die nützlichen Existenzbedingungen bedürfen einer ausführlichen Besprechung, denn die einschlägigen Fragen spielen bei jeder geologischen Untersuchung eine massgebende Rolle.

Es würde dem Gang einer geologischen Arbeit besser entsprochen haben, wenn die drei Theile dieses Werkes in der angeführten Reihe

1) *ὁ βίος* das Leben, *ὁ νομός* der Wohnsitz und *ὁ νόμος* das Gesetz. Ich verdanke das Wort Herrn Prof. HAECKEL.

aufeinanderfolgten. Denn die Grundfrage ist: wo und wie hat sich das Gestein gebildet? Dann interessirt es uns zu wissen: unter welchen Bedingungen lebte die darin eingeschlossene fossile Fauna? und erst nach Behandlung dieser Probleme legen wir uns die Frage vor, in welchen bionomischen Beziehungen zur Aussenwelt stand die betreffende Faunengenossenschaft? Aber es ergab sich während der Ausarbeitung, dass man die Faunenbezirke des Meeres leicht schildern kann, ohne auf die systematisch getrennten Gruppen näher einzugehen; dass man die Lebensweise der Meeresthiere besprechen kann, ohne die Sedimente zu behandeln, in denen und auf denen sie leben; während die Sedimentbildung eine Fülle bionomischer Thatsachen voraussetzt, so dass man ohne diese keinen Einblick in die Vorgänge der Gesteinsbildung gewinnt. Deshalb wird der erste Band die Bionomie des Meeres enthalten. Der zweite Band schildert die Lebensweise der Meeresthiere und der dritte Band behandelt die Bildung der Gesteine. Dass hiermit die Fülle der Materialien für die Handhabung der ontologischen Methode nicht erschöpft ist, bedarf keiner ausführlicheren Begründung. Allein die Beurtheilung z. B. einer fossilen Insektenfauna oder einer Braunkohlenflora verlangt soviel Detailkenntnisse der gegenwärtigen geographischen Verbreitung der Fauna und Flora, dass eine derartige Vorarbeit nur dem Spezialisten möglich ist. Unsere Aufgabe konnte es nur sein, Material für die häufiger vorkommenden Probleme hier zu bieten.

Die Geologie als historische Wissenschaft hat allerdings als letzte höchste Aufgabe ein möglichst vollkommenes Bild von dem Zustand der Erdoberfläche in einem bestimmten Zeitabschnitt zu zeichnen. Nichts geschieht auf der gegenwärtigen Erdoberfläche, das nicht den physikalischen Zustand derselben veränderte, und dem sich bildenden Sediment seine Spur einprägte. Kein Felsblock kann sich im Hochgebirge ablösen, ohne den Bestand der Schutthalden zu verändern. Keine Auster entwickelt sich am Meeresgrund, ohne den Kalkgehalt der Sedimente zu vermehren, ja selbst kein weichhäutiger Wurm kann durch den Schlamm kriechen, ohne eine Spur zu hinterlassen. Diese Hieroglyphen zu entziffern, die halbverwischten Spuren zu deuten, aus dem Gewordenen die Kräfte des Werdens zu erschliessen, das ist der Weg der Erdgeschichte.

Aber wenn wir bedenken, wie schwierig, ja geradezu unmöglich es ist, die geographischen Zustände der hentigen Erdoberfläche, welche offen vor unseren Augen liegen, zu beobachten und zu beschreiben, so können wir die Schwierigkeiten ermessen, welche sich ergeben, sobald wir durch logische Schlussfolgerungen bemüht sind, frühere Zustände zu erkennen und dieselben darzustellen.

Und wenn sich die Geographie damit begnügt, anstatt jedes einzelne Faktum, jede Austerbank, jeden Wald, jeden Hügel und jeden See zu beschreiben — die gesetzmässigen Zusammenhänge verwandter Erscheinungen zu erkennen und das Wesentliche von dem Zufälligen zu scheiden, wievielmehr dürfen wir das Recht in Anspruch nehmen, bei der Schilderung vergangener Perioden nur die grossen Umrisse in den Zuständen der unorganischen Welt und in der Vertheilung der Organismen zu zeichnen.

Betrachten wir jetzt in kurzen Zügen den Gang einer erdgeschichtlichen Untersuchung, wie er durch das vorliegende Werk vorbereitet wird.

Wenn wir die Gesteine eines gegebenen geologischen Horizontes beschrieben, fossilführende Schichten untersucht, versteinerungsleere Bänke geprüft haben, ist die stratigraphische Analyse des Profils unsere erste Aufgabe. Wir bestimmen leitende Gesteine und leitende Fossilien, gliedern die vorhandenen Schichten in übereinanderliegende Abtheilungen und reihen das lokale Profil durch den Vergleich mit vorher beschriebenen Profilen und mit dem sogenannten „Normalprofil“ ein in die gesetzmässige Folge der Erdschichten.

Jetzt tritt die Frage an uns heran, wo und unter welchen Umständen hat sich die betreffende Gesteinsreihe gebildet? auf die systematisch stratigraphische Benrtheilung folgt die historisch erklärende Diskussion. Wir sollen entscheiden, ob eine festländische oder marine Bildung, ob ein vulkanisches oder ein sedimentäres Gestein vorliegt. Darüber giebt die Lithogenie Aufschluss. An bestimmten petrographischen Merkmalen erkennen wir den vulkanischen oder sedimentären Ursprung, enträthseln wir, ob eine Süsswassersee- oder eine Delta-, eine Flachsee- oder Tiefseebildung zur Untersuchung gelangte. In dem lithogenetischen Index finden wir alle Stellen verzeichnet, an denen das betreffende bestimmte Gestein erwähnt wird und wo die Merkmale beschrieben werden, welche für eine lithogenetische Bestimmung massgebend sein können.

Zugleich knüpft sich hier das Problem nach der Herkunft des Gesteinsmaterials an. Wir können uns nicht begnügen, die vulkanische Natur einer Basaltkuppe zu erkennen, sondern wir wollen auch wissen, ob dieselbe dort hervorgezungen ist, oder als das Ende eines weither geflossenen Stromes aufgefasst werden muss. Ein Sandstein regt nicht nur die Frage an, ob er in einem See, in einem Aestnarium, an einer Küste oder in einer Wüste zum Absatz gelangte, sondern uns interessiert auch zu wissen, woher stammen die Quarzkörner, welche ihn aufbauen? welches Gestein musste zerstört und umgearbeitet werden, damit der reine Quarzsand übrigblieb. Ein organisch gebildetes Kalklager veranlasst die Frage, ob ein zoogener oder phytogener Kalk vorliegt und welche Nahrungsquellen hier lokal ein so reiches Thierleben veranlassten.

So fügt sich das einzelne Gestein in eine Kette von gesteinsbildenden Vorgängen. Wir prüfen, welche Eigenschaften das Gestein durch Metamorphose nachträglich erhielt und welche es zu den Zeiten seiner Bildung schon besass, wir verfolgen die Vorfahrenreihe des Gesteins und seine genetischen Seitenlinien so, wie wir die Almenreihe eines Fossils untersuchen, und arbeiten an dem schönen Problem einer Phylogenie der Gesteine. Das einzelne Gestein verknüpft sich mit weitentferntliegenden Bildungen und erweitert unsere erdgeschichtliche Erkenntniss.

Die Organismen, welche von den Meeresbakterien an bis hinauf zu den Raubfischen eine massgebende Rolle bei der Gesteinsbildung spielen, die soweit geht, dass jedes Schlammtheilchen des Meeresgrundes ebenso den Darumkanal von Meeresthieren passirt hat, wie die Ackerkrume den Körper der Regenwürmer, leiten uns über zu dem

zweiten Theil unserer erdgeschichtlichen Studien. Wir prüfen die in dem Gesteine eingeschlossenen organischen Reste.

Wenn wir schon bei der lithogenetischen Analyse des Gesteins erkannten, dass viele Beobachtungen zu machen waren, welche für die Stratigraphie ohne Werth, aber für die Lithogenie von hervorragender Bedeutung wurden, so werden wir auch ebenso leicht einsehen, dass es ein Unterschied ist, ob man eine Fauna sammelt zu dem Behufe einer Bestimmung leitender Formen, für die stratigraphische Einordnung bestimmter Horizonte, ja selbst für die morphologische Untersuchung paläontologischer Arbeit — oder ob man beobachtet und sammelt, um bionomisch zu forschen.

Die Versteinerungen sind das Untersuchungsobjekt der Paläontologie, und können zu diesem Behufe noch dienen, wenn sie vollständig von jedem Rest des umhüllenden Gesteins befreit sind. Je sorgfältiger sie aus dem Gestein allseitig herauspräparirt und herausgeätzt sind, desto höher ist ihr Werth für morphologisch-systematische und für stratigraphische Studien. Allein wenn wir die Versteinerungen bionomisch beurtheilen und sie zur Grundlage für erdgeschichtliche Schlüsse machen wollen, so dürfen wir sie nur im Zusammenhang des umgebenden Gesteins studiren. So werthvoll ein isolirtes Fossil für den Paläontologen und den Stratigraphen ist, so mangelhaft ist es für den Geologen. Für ihn hängt das Fossil auf das engste mit dem umgebenden Gestein zusammen. Seine Orientirung in der Schicht, die relative Häufigkeit der Individuen, der Wechsel des Erhaltungszustandes an verschiedenen Lokalitäten, Alles muss sorgfältig untersucht werden. Ein in der Schicht beobachtetes Exemplar giebt uns oft werthvollere Aufschlüsse als ein Dutzend aufgelesener Stücke, und eine zerbrochene Muschel mit abgeriebener Oberfläche kann lehrreicher sein als ein tadellos herauspräparirtes, vollständig erhaltenes Exemplar.

Nachdem wir also nicht nur die gut erhaltenen Leitfossilien gesammelt, sondern auch die bionomisch werthvollen Umstände ihres Vorkommens im Gestein untersucht haben, dann tritt die Aufgabe an uns heran, die äusseren Umstände zu ergründen, unter denen die Fossilien einst gelebt haben und gestorben sind.

Gesetzt, wir hätten eine foraminiferenreiche Ablagerung, so werden wir uns zuerst über die allgemeinen Lebensbedingungen der Foraminiferen in dem betreffenden Abschnitt des zweiten Bandes unterrichten. Was über Nahrung, Entwicklung, Vorkommen auf lokaler Facies dem Verfasser bekannt ist, werden wir dort finden.

Ueber das bathymetrische Vorkommen der Gattung giebt der systematische Index des zweiten Theiles und die bathymetrische Liste Aufschluss, über deren Zusammenstellung und Handhabung einige Bemerkungen gestattet seien.

Es wäre ein Leichtes gewesen und würde meine Arbeit sehr vereinfacht haben, wenn ich von jeder lebend beobachteten Thiergattung eine bathymetrische Angabe des Vorkommens hätte annehmen wollen. Allein es würde damit keine Bürgschaft dafür gegeben gewesen sein, dass das betreffende Thier in jener einmal beobachteten Tiefe heimisch sei.

Nur so bald erkannte ich, dass die bathymetrische Verbreitung der Meeresthiere vielfach innerhalb weiter Grenzen schwankt. Wenn also der „Einzelwerth“ keine Bürgschaft giebt, um daraus einen sicheren

geologischen Schluss zu ziehen, so könnte vielleicht der „Mittelwerth“ grössere Gewähr bieten?

Die Wichtigkeit der „Mittelwerthe“ bei beschreibenden und systematischen Arbeiten lässt sich nicht verkennen. Aber jeder Mittelwerth ist in seinen Eigenschaften abhängig von der Zahl und dem Charakter der Einzelbeobachtungen, aus denen er gezogen wurde. Wenn eine Muschel von 1—100 m Tiefe beobachtet wird, so ist die mittlere Tiefe ihres Vorkommens 50 m, und wenn eine andere Muschel nur 40—60 m tief lebt, so ist die mittlere Tiefe ihrer Heimath ebenfalls 50 m, und doch sind die Lebensgewohnheiten beider Formen weit voneinander verschieden.

Ich habe infolge dessen bei allen Gattungen, welche mehrfach gedredgt worden sind, die „Grenzwerte“ ihres Vorkommens angegeben, und hoffe, dass dadurch jener Fehler vermieden wird, welcher bei Angabe von Mittelwerthen nicht zu umgehen ist.

Gesetzt den Fall, wir hätten in einer Kalksteinbank, deren marine Entstehung durch lithogenetische Studien erkannt war, eine Anzahl Fossilien gefunden, bestimmt und nach der bathymetrischen Liste ihr Vorkommen verzeichnet:

<i>Globigerina bulloides</i>	von	0—5760 m
<i>Odostomia clavula</i>	von	10— 297 m
<i>Modiola barbata</i>	von	0— 173 m
<i>Megerlia truncata</i>	von	109— 191 m

so sehen wir sofort, dass wir mit Hilfe der *Globigerina* den Wohnsitz dieser Fauna nicht bestimmen können; denn die Grenzwerte ihres Vorkommens geben einen unbegrenzten Spielraum. *Odostomia* und *Modiola* sprechen dafür, dass die Thiere in geringeren Tiefen gelebt haben, und lassen die Möglichkeit offen, dass die Tiefe nur 10 m betrug. Der Fund von *Megerlia* widerlegt jedoch diese Vermuthung sofort und giebt uns als wahrscheinliche Tiefe 109—173 m. Mit anderen Worten: der höchste Werth der verschiedenen Minimaltiefen und der tiefste Werth der Maximaltiefen giebt die Grenzwerte des bathymetrischen Vorkommens.

Je grösser die Anzahl der bathymetrisch geprüften Formen ist, desto sicherer ist der daraus gezogene Schluss. Zugleich wird man aus dem gewählten Beispiel leicht erkennen, wie wichtig die Beobachtung der Fossilien im Gestein ist. Denn wenn man Anhaltspunkte finden kann, dass die *Megerlia* eine in die andere Fauna verschleppte Schale ist, so ergibt sich daraus ein wesentlich anderer Schluss.

Nur in seltenen Fällen wird man an einem isolirten Exemplar Anhaltspunkte dafür gewinnen können, ob das Fossil an der Stelle seines Vorkommens gelebt hat; hier kann nur die Beobachtung in situ etwas nützen. Und welche Bedeutung die Frage nach dem autochthonen Charakter einer Fauna für weittragende geologische Schlüsse hat, das wird man aus dem Kapitel über die „Ammoniten als Leitfossilien“ am besten beurtheilen können.

Allein selbst wenn wir die Lebensweise jedes einzelnen Thieres kennen würden, und im Stande wären, mit Hilfe der Listen des zweiten Bandes darnach jedes Fossil bionomisch zu beurtheilen, so werden wir doch erst dann einen tiefen Einblick in die Verhältnisse eines versteinerten Meeres thun können, wenn wir die vielbesprochene Lücken-

haftigkeit paläontologischer und geologischer Ueberlieferung in allen ihren Konsequenzen klar erkennen.

Die vereinzelt Knochene ausgestorbener Wirbelthiere, die isolirten Täfeln zerfallener Seeigel waren für die paläontologische Forschung räthselhafte Fragmente, bis CUVIER auf Grund einer genauen Kenntniss der Anatomie lebender Thiere, auf Grund der ontologischen Methode das Gesetz von der Correlation der Organe aufstellte. Er zeigte, dass man unter Zuhilfenahme ontologischer Vergleichung aus dem vereinzelt Zahn eines Wirbelthieres nicht nur den Bau seiner Gliedmassen, sondern sogar seine Lebensweise, seine Nahrung erschliessen könne.

Und wie der Paläontologie die Bruchstücke und unvollständigen Theile einst lebender Organismen untersuchen und ergänzen muss, so liegt vor den Augen des Geologen eine lückenhaft überlieferte Reihe von Schichten und von Fossilien, und die Forschung kann keinen Schritt thun, ohne den Abgründen der Lückenhaftigkeit zu begegnen. Sollen wir sie kühn überspringen, oder giebt es ein Mittel, sie mühsam zu überbrücken?

Wir betrachten es als die Aufgabe dieses Werkes, den sorgfältig beobachtenden Geologen in den Stand zu setzen, nicht nur in vielen Fällen die Tiefe des Meeres zu bestimmen, in der eine gegebene fossile Fauna gelebt hat, sondern auch eine Reihe von anderen Erkenntnissen zu gewinnen, welche sich geologisch verwerten lassen. Wir müssen immer bedenken, dass die Lückenhaftigkeit geologischer Ueberlieferung uns so lange ein unüberschreitbarer Abgrund ist, als wir das einzelne Faktum aus dem Zusammenhang der umgebenden Umstände herausreissen. Und geradeso wie es ein Gesetz von der Correlation der Organe giebt, das kein Paläontologe ungestraft vernachlässigen kann, so giebt es ein Gesetz von der Correlation der Gesteine, dessen Tragweite unsere Lithogenie in das rechte Licht setzen soll, und ein Gesetz von der Correlation der marinen Lebensbezirke, dessen Kenntnis für jeden erdgeschichtlich forschenden Geologen eine nothwendige Voraussetzung ist.

Diese beiden Gesetze lassen sich zwar ebenso schwer wie das Gesetz von der Correlation der Organe in Formeln fassen, aber sie existiren für Jeden, welcher mit dem organischen Leben im Meere vertraut ist, und der sich einen Einblick verschafft hat in die kausalen Zusammenhänge der bionomischen Erscheinungen. Eine Fauna herbivorer Schnecken verlangt nothwendig eine reiche Algenflora, selbst wenn wir keine Spur fossiler Fukoiden in jener Schicht bemerken. Ein Korallenriff bedarf der Planktonnahrung, auch wenn ihre Reste uns nicht aufbewahrt sind. Eine Tiefseebablagerung fordert die gleichzeitigen litoralen Facies, und ein litorales Kalklager ist räumlich verbunden mit heterotischen kalkarmen Sedimenten.

Die Voraussetzung aller solcher Studien bildet aber eine bionomische Diskussion des Profils. Man pflegt ein gegebenes Profil zu beschreiben, und seine Beziehungen zu anderen Profilen meist ausschliesslich nach stratigraphischen Charakteren zu beurtheilen. Die trennenden Schichtengrenzen zwischen überlagernden Sedimenten gewinnen bei einer solchen Betrachtung einen höheren Werth als die Sedimente selbst. Ein versprengter seltener Ammonit erhält eine höhere

Bedeutung als die in der Schicht einheimische Fauna häufig gefundener Organismen. Die grosse Wichtigkeit der gliedernden Schichtenfugen und der leitenden Fossilien liegt auf der Hand und bedarf keiner Begründung.

Allein es ist zu beklagen, dass die systematische Betrachtungsweise eines Schichtenverbandes so wenig Raum lässt für eine lithogenetische und bionomische Prüfung der einzelnen Bänke. Und ich glaube hier besonders auf eine verhängnissvolle, aber vielfach geübte Methode hindeuten zu müssen, welche der Entwicklung einer exakten Erdgeschichte bisher vielfach hindernd im Wege stand.

Nehmen wir den Fall, es sei in eine versteinungsleere Ablagerung von Sandstein eine fossilreiche Mergelbank eingelagert. Die Sandsteinschichten A, B, D, E seien je 5 m mächtig, die Mergelschicht C nur 1 m dick. In der Regel pflegt man nach der dünnen fossilreichen Mergelschicht C die ganze 21 m mächtige Ablagerung zu beurtheilen, und wenn die Fauna des Mergels für eine marine Flachseeabildung spricht, so betrachtet man auch die Sandsteine als eine marine Flachseeablagernng. Man begegnet derartigen Schlussfolgerungen in der geologischen Literatur so oft, dass es den Anschein hat, als ob die Richtigkeit eines solchen Schlusses keinen Bedenken unterworfen sei. Aber ich zweifle nicht, dass derjenige, welcher einmal über die Berechtigung dieser Schlussfolgerung nachgedacht hat, das Mangelhafte derselben einsah. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die oben erwähnten Sandsteine eine Bildung sind, welche unter denselben äusseren Umständen entstanden wie die Mergelbank, aber dieses Urtheil darf nicht stillschweigend angenommen werden, sondern muss bewiesen sein.

Ein sicheres Urtheil über die Entstehung eines Gesteines lässt sich nur aus den Eigenschaften dieses selben Gesteines herauslesen, nicht aber aus den Charakteren eines Sedimentes mit dem jenes Gestein wechsellagert. Ja noch ein anderer Fall muss hier in den Kreis unserer Betrachtungen gezogen werden: Gegeben sei eine fossilere Sandsteinablagernng, welche nach oben zu thonig wird; die Quarzkörner treten immer mehr zurück und allmählich geht sie durch zunehmenden Thongehalt und Auftreten von Kalktheilen in eine fossilreiche Mergelschicht über. Selbst wenn alle Uebergänge von der einen Ablagerung in die andere gegeben sind, haben wir kein Recht, den Sandstein nach dem Mergel oder umgekehrt genetisch zu beurtheilen. Diese Thatsache beweist nur, dass die äusseren Umstände der Sedimentation, welche in dem obenangeführten Beispiel einem raschen Wandel unterworfen waren, in diesem Fall sehr langsam geändert wurden, aber trotz aller Uebergänge erfolgt die Ablagerung des Mergels unter ganz anderen Bedingungen als die des Sandsteines.

Wenn wir uns auf diese Weise vor unberechtigten Schlüssen hüten, jedes Gestein für sich prüfen, jede Fauna nach ihrer lokalen Zusammensetzung beurtheilen, dann gewinnen wir ein Material mit dem es ein Leichtes ist, weiterzuarbeiten.

Die ontologische Methode, ergänzt durch experimentale Untersuchungen, hat uns die Entstehungsgeschichte der Gesteine und der darin enthaltenen Fossilien kennen gelehrt und hat uns damit ein

gesichertes Material geliefert, das nur der weiteren Anwendung, der Vergleichung und Verknüpfung harret.

Mit tektonisch geschultem Blick verfolgen wir jetzt die vertikale und horizontale Verbreitung der einzelnen Sedimente, der verschiedenen fossilen Lebensbezirke, das Ineinandergreifen heteropischer Facies, die transgredirende Ueberlagerung einzelner Formationen. Die Gebiete prähistorischer Denudation und Sedimentation enthüllen sich unserem Blick und immer klarer und reiner heben sich die Züge im Antlitz der Erde aus den Nebeln der Vorzeit heraus.

IV. Die Grenzen der ontologischen Methode.

Nach dem, was wir in dem vorigen Abschnitt gesagt haben, könnte es scheinen, als ob es möglich wäre, mit Hilfe der ontologischen Methode eine völlig einwurfsfreie endgiltige Einsicht in die Geschichte der Erde zu gewinnen, oder wenigstens könnte der kritische Leser den Eindruck haben, als ob der Verfasser solche Hoffnungen hegte. — Das ist leider nicht der Fall.

Jede wissenschaftliche Methode, und wäre sie noch so exakt, hat eine Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, und in besonders ausgeprägter Weise trifft das auf die hier vertretene Richtung zu. Nur indem wir uns dieser Unzulänglichkeit bewusst sind und die Grenzen der ontologischen Methode scharf und klar im Auge behalten, können wir uns vor Einseitigkeit und Irrthum bewahren.

Die Grenze der experimentalen Methode lag wesentlich darin, dass es unmöglich ist, Experiment und geologischen Vorgang congruent zu machen. Das Experiment bietet uns eine solche Menge an sich gleichberechtigter Möglichkeiten, dass es niemals für sich allein als Wegweiser dienen kann.

Mit einer viel höheren logischen Sicherheit können wir uns der ontologischen Methode bedienen, und doch haften auch ihr höchst bedenkliche Fehler an, welche zum Theil zufälliger, zum Theil grundsätzlicher Natur sind, und die man nicht alle ausschalten kann.

Der erste zufällige Fehler beruht in der Unvollständigkeit unserer Kenntniss aktueller Erscheinungen. Wohl haben Tiefseeexpeditionen alle Ozeane gekreuzt, aber wenn wir ihre schmale Bahn vergleichen mit der weiten unerforschten Fläche, dann sehen wir ein, wie mangelhaft der Ozean bekannt ist. Wohl haben kühne Forscher alle Kontinente durchquert, aber nur ein kleiner Theil des Landes ist mit wissenschaftlicher Sorgfalt untersucht, Vieles ist nur erkundet. Ein reiches Material bionomischer Thatsachen ist in zahlreichen Dredgelisten enthalten, allein wir sind weit entfernt davon, über jede lebende Gattung alle die äusseren Umstände und Bedingungen ihres Lebens zu kennen.

Aber dieser erste Grundfehler würde leichter zu tragen sein, wenn derselbe nicht durch die Arbeit des Verfassers bedeutend verstärkt

worden wäre. Von den vielen Literaturangaben, welche die Weltliteratur enthält, steht leider nur ein kleiner Theil auf den nachfolgenden Blättern.

Ich kann es nicht verschweigen, dass mich diese Unvollständigkeit meiner Studien oft muthlos gemacht hat; um so mehr wenn ich sah, wie viele interessante, oftmals hochwichtige Angaben gelegentlich in Anmerkungen oder mitten unter anderen Beobachtungen verstreut sind. Zwar habe ich mich bemüht, diesem Fehler dadurch zu begegnen, dass ich die mir zu Gebote stehende Literatur möglichst Seite für Seite durchsah — dennoch ist mir viel entgangen, und ich fühle diesen Fehler meines Buches mehr als jeder Andere.

Aber die aus technischen und persönlichen Gründen sich ergebenden Fehlerquellen würden zu vermeiden sein, wenn nicht der ontologischen Methode noch eine grundsätzliche Grenze ihrer Anwendung gezogen wäre.

In der grossen Zahl von Thieren und Pflanzen, welche im Laufe der geologischen Vergangenheit das Meer und das Festland belebt haben, können wir mit Rücksicht auf ihre Lebensdauer „Leitfossilien“ und „Dauerfossilien“ unterscheiden. Leitende Formen haben eine grosse horizontale, aber nur geringe vertikale Verbreitung; Dauerformen aber finden wir durchgehend in mehreren übereinanderliegenden Formationen. *Lingula* lebte zu Tausenden in den cambrischen Schichten, ebenso wie sie heute schaarenweise die flachen Gewässer tropischer Meere bevölkert. So gering der stratigraphisch unterscheidende Werth solcher Dauerformen ist, so werthvoll werden sie für ontologisch erklärende Studien.

Nehmen wir als Gegensatz eine leitende Gattung wie *Clymenia* und *Hippurites*, oder eine leitende Gruppe wie die Graptolithen und die Blastoideen, so fehlt es uns vollständig an recentem Vergleichsmaterial und damit an der Möglichkeit, die ontologische Methode darauf anzuwenden. Mit anderen Worten, je weiter wir zurückgehen in der Reihe der geologischen Perioden, desto kleiner wird der Wirkungskreis der ontologischen Methode. Je geringer die Zahl der lebenden Arten und Gattungen in einer fossilen Ablagerung ist, desto schwerer können wir uns ein Urtheil über ihre Bildungsumstände machen. Ganz dasselbe trifft aber auch für das Gebiet der Gesteine zu. Es giebt „Dauergesteine“ und „Leitgesteine“. Manche Gesteinstypen finden sich vom Cambrium bis zur Gegenwart, andere Arten sind nur in einer einzigen Periode gebildet worden. Rother fossilere Sandsteine kennen wir vom Cambrium bis zu den noch unverkitteten Dünenanden Innerarabiens und der Koromandelküste, dagegen ist der Kupferschiefer und der Solnhofener Kalk leitend für einen bestimmten Zeitabschnitt. Und wenn man lokale Gesteinsvarietäten hier anführen wollte, so würde jeder aufnehmende Geologe aus seinem Arbeitsfeld Beispiele von leitenden und dauernden Gesteinen leicht aufzählen können.

Wir können hier auf die prinzipielle Würdigung dieser Thatsache nicht eingehen, und versparen uns eine besondere Diskussion des Problems auf das Ende dieses Werkes; allein soviel müssen wir schon hier sagen: die ontologische Methode lässt sich nur auf Dauergesteine und Dauerfossilien mit Erfolg anwenden. Sobald wir über leitende Fossilien oder leitende Gesteine zu urtheilen haben, verliert die Schlussfolgerung ihre Sicherheit.

Alle die bisher angeführten Fehler der ontologischen Methode werden aber an Gewicht noch bei weitem übertroffen durch einen anderen Einwurf prinzipieller Natur.

Zu jener Zeit als die wissenschaftliche Geologie entstand, herrschten über die Vorzeit der Erde Ansichten, welche dem Nachsinnen der Dichter, dem mythischen Fabuliren des Volkes entsprungen waren.

Von keiner Schranke kritischer Arbeit eingengt, konnte die Phantasie Wahres und Erdichtetes kunstvoll verknüpfen, und je reicher der zu Gebote stehende Ideenkreis war, desto leichter war es, eine längst verflossene Zeit wieder zauberhaft dem Auge vorzubilden.

Die ontologische Methode legte der dichtenden Phantasie einen strengen Zügel an, und rang mit ihr um jeden ebenso schönen als gewohnten Irrthum.

So bildete sich immer deutlicher ein Bild der Vorzeit heraus, welches sich von den Zuständen unserer heutigen Erdoberfläche nur relativ, nicht absolut unterscheidet. Der *Palaeophonus* lehrt uns, dass es schon im Silur Festländer gegeben habe, und die blinden Trilobiten Böhmens beurteilen wir nach den erblindeten Krebsen, welche in der Gegenwart die Tiefen des Meeres bewohnen. So ist es im Gegensatz zu dem Wunderglauben früherer Jahrhunderte allmählig ein Grundsatz der wissenschaftlichen Geologie geworden, in der Vorzeit der Erde vornehmlich solche Zustände wiederzuerkennen, welche auch in der Gegenwart möglich wären.

Sobald wir uns für das paläozoische und mesozoische Zeitalter auf den Standpunkt stellen, dass die Zustände der Erdoberfläche damals prinzipiell andere gewesen seien als heutzutage, dass die Gesetze organischen Lebens damals von anderen Faktoren bestimmt waren — dann verzichten wir auf die Möglichkeit einer Erdgeschichte, dann stehen wir auf dem Standpunkte der Erdmythologien.

Aber unter den ältesten versteinierungsführenden Schichten liegt eine lange Serie von Gesteinen, deren Eigenschaften bisher allen ontologischen Erklärungsversuchen getrozt haben. Wohl hat man durch Experimente das Räthsel der krystallinischen Schiefer zu lösen versucht, allein alle Theorien behalten ihren hypothetischen anfechtbaren Charakter.

Wohl der beste Beweis dafür, wie gründlich und umsichtig KARL VON HOFF das vorliegende Problem durchdacht hat, liegt in folgenden Worten¹⁾ seiner Einleitung: Ueber einen gewissen Punkt hinaus wird man auf diesem Wege zur Zeit noch nicht gelangen, sondern eine Grenze finden, jenseits welcher fast gar keine Anwendung bekannter physischer Gesetze und Thatsachen mehr stattfindet, sondern wo man nur zu Vermuthungen und schwankenden Hypothesen seine Zuflucht nehmen muss und das Unzureichende derselben bald einsehen wird. Diese Grenze aber aufzusuchen, das scheint uns das vernunftgemässe Ziel zu sein, welches zu erreichen die Geologen jetzt streben müssen.

Ausgehend von der Ueberzeugung, dass die Erscheinungen der Gegenwart allein die Räthsel der Vergangenheit zu lösen imstande sind, geben wir also offen zu, dass es zu allen geologischen Zeiten bio-

1) Geschichte I, S. 7.

logische und physikalische Phänomene gegeben hat, welche der Gegenwart fremd sind. Dass nicht nur ausgestorbene Thierarten und Thiergruppen existirt haben, sondern dass auch gewisse klimatische, ozeanographische, physikalische Bedingungen zeitweise gewaltet haben, welche sich nicht mit den Erscheinungen der Gegenwart messen und nach ihnen beurtheilen lassen.

Wir geben zu, dass viele Thiere und Pflanzen früher in anderen Meerestiefen, unter anderen äusseren Umständen gelebt haben, als wir sie heutzutage lebend beobachten. Ein Blick auf die bathymetrischen Listen des zweiten Bandes lehrt uns übrigens, wie weit die Grenzen des bathymetrischen Vorkommens vieler Meeresthiere sind.

Wir leben sogar der Ueberzeugung, dass sich solche der Gegenwart fremdartige, von unseren hentigen Erfahrungen abweichende Zustände um so zahlreicher finden, je weiter wir eindringen in die Reihe der geologischen Formationen. Indem sie sich immer mehr und vielfältigen, kommen wir endlich an jene Grenze erdgeschichtlicher Studien, wo wir in eine fremde Welt eintreten. Ist es nicht ein schönes Ziel, diese Grenze überall auf Schritt und Tritt zu verfolgen? haben wir nicht eine feste und befriedigende Einsicht gewonnen, wenn wir diese Grenze festlegen?

Und so wird jene Fehlerquelle der ontologischen Methode die Grundlage für ein neues Problem. Ausgerüstet mit einer möglichst umfassenden Kenntniss aktueller Zustände treten wir an eine Frage nach der anderen heran. Wir beurtheilen die Entstehungsgeschichte fossiler Sedimente, die Erptionsvorgänge erloschener Vulkane und die Lebensweise ausgestorbener Thiere und Pflanzen auf Grund unserer Erfahrungen aus der Gegenwart. Sorgfältig haben wir beobachtet, sorgsam prüfen und vergleichen wir jetzt prähistorische Phänomene mit aktuellen Erscheinungen. In der Mehrzahl der Fälle wird uns die ontologische Methode ein hell leuchtendes Licht sein.

Aber es giebt räthselhafte Erscheinungen, welche sie nicht aufzuklären vermag. Sollen wir die Grubenlampe werfen, weil sie nicht jeden Winkel erhellt, und weil sie in der Hand des Ungeübten schlagende Wetter entzündet?

Erst indem wir uns der Grenze der ontologischen Methode voll bewusst werden, erhält sie ihren wahren Werth. Und wenn es uns gelingt, zu beweisen, dass das eine oder andere geologische Phänomen für jene Methode unangreifbar ist, dann dünkt mich dieser Beweis ein besseres Resultat als die unsichere Hypothese: „man kann sich nicht anders denken, als dass es so und so gewesen ist.“ Nur indem wir das Unerklärte als solches erkennen, ist die Möglichkeit weiteren Fortschritts gegeben. Probleme, die nur scheinbar gelöst sind, ruhen ebenso, wie die wirklich gelösten.

Möchte es meinem Buche gelingen, recht viel ungelöste und halb gelöste Probleme aufzuklären, und in der Erdgeschichte die Grenze unserer Erkenntniss recht hell zu beleuchten; aber anstatt mit einer scheinbaren Erklärung die Arbeit matt zu setzen, wollen wir lieber mit einem ehrlichen „ignoramus“ auf ungelöste Probleme hinweisen.

I. THEIL:
Bionomie des Meeres.

**Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke
und Existenzbedingungen.**

1. Die Bedingungen des Lebens.

Die Erdoberfläche ist gegenwärtig der Schauplatz von zwei verschiedenen Arten der Veränderung der Materie, die man als anorganische und organische Bewegungen nur schwer scharf von einander trennen kann. Die Veränderungen und Bewegungen der unbelebten Natur werden veranlasst durch mehrere Ursachen. Die Abkühlung der Erde bewirkt Dislokationen, Erdbeben und vulkanische Erscheinungen; die Anziehung von Sonne und Mond verändert die Gestalt der Hydrosphäre und dadurch auch die Massenvertheilung an den Küsten; und die leuchtenden und wärmenden Strahlen der Sonne leiten den Kreislauf des Wassers ein, und üben durch Luftströmungen, Stürme und Meeresströmungen eine umgestaltende Wirkung auf die Erdoberfläche aus.

Die Bewegungen der Materie, welche man als organische bezeichnet, sind scheinbar ganz anderer Art wie die anorganischen Veränderungen, und doch hat die Naturforschung die Kluft zwischen der belebten und unbelebten Natur mehrfach überbrückt. Die synthetische Darstellung organischer Stoffwechselprodukte, der experimentelle Nachweis, dass auch die scheinbar spontanen Bewegungen niederer Organismen durch mechanische Ursachen nothwendig bedingt sind, und andere biologische Gründe sprechen dafür, dass die organische Welt, mit ihren eigenartigen Lebenserscheinungen, nur durch die Art der Bewegung von der unbelebten Natur verschieden ist.

Wenn wir die Bedingungen dieser organischen Bewegung, wie wir sie in der Gegenwart beobachten können, mit jenen Zuständen vergleichen, welche in früheren Entwicklungsphasen der Erde geherrscht haben müssen, so drängt sich unabweisbar der Gedanke auf, dass das organische Leben auf der Erde einmal einen Anfang gehabt haben muss. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier das Problem der Entstehung des Lebens selbst zu behandeln, denn dieses gehört nicht in den Kreis geologischer Betrachtungen, wohl aber scheint es uns wichtig, diejenigen empirischen Grenzwerte festzustellen, innerhalb deren heute organisches Leben möglich ist, denn auf diese Weise nur können wir Anhaltspunkte dafür gewinnen, unter welchen Bedingungen und in welcher Erdperiode organisches Leben möglich war.

Man pflegt die organischen Körper in Pflanzen und Thiere einzutheilen. Aber sowohl vom morphologischen wie vom physiologischen Standpunkt ist es unmöglich, diese beiden Gruppen scharf von ein-

ander zu trennen. Wenn wir den histologischen Bau zur Grundlage unserer Eintheilung machen, so finden wir an der Wurzel des Pflanzenreiches wie des Thierstammes einzellige Formen, deren Merkmale so wenig Unterschiede erkennen lassen, dass man die einzelligen Pflanzen mit den einzelligen Thieren zu einem besonderen „Protistenreich“ vereinigt hat. Legen wir aber physiologische Charaktere unserer Betrachtung zu Grunde, so müssen wir, wenn wir konsequent sein wollten, die schmarotzenden Pilze zu den Thieren rechnen, und die chlorophyllhaltigen Aktinien als Pflanzen bezeichnen.

Indem wir uns dieser Schwierigkeiten voll bewusst bleiben, können wir aber immerhin die Mehrzahl der Thiere von den typischen Vertretern des Pflanzenreiches leicht unterscheiden, denn die Pflanzen sind allein im Stande zu assimiliren, d. h. unter dem Einfluss des Lichtes in ihrem Chlorophyll organische Materie aus Kohlensäure und Wasser zu bilden, während alle Thiere organische Substanzen verbrauchen und dem anorganischen Reiche wieder zuführen.

Wenn wir unter Fäulniss die Zersetzung stickstoffhaltiger Verbindungen, unter Verwesung den Zerfall von Kohlenstoffverbindungen verstehen¹⁾, so werden durch diese beiden Vorgänge beständig organische Stoffe zerstört, und die Masse der lebenden organischen Substanz auf der Erde wird ununterbrochen vermindert. Und wenn wir nicht nur die Fäulniss und Verwesung in der Gegenwart ins Auge fassen, sondern bedenken, dass jede Versteinerung, jedes Stück Kohle, jeder Kalkstein, der im Laufe der geologischen Vergangenheit gebildet worden ist, nur Zeugen prähistorischer Verminderung der belebten Substanz sind, so können wir ermassen, welche Masse organischer Materie im Laufe der Erdgeschichte zerstört worden ist. Die Physiologie des Thierkörpers zeigt uns, dass bei den chemischen organischen Umsetzungen im Protoplasma der Thiere ebenfalls beständig organische Verbindungen zerstört werden, dass also durch die blosse Existenz einer Fauna die Summe der belebten Materie vermindert wird. Das Thier lebt, wächst und pflanzt sich fort, indem es Pflanzen verzehrt oder von dem Fleische von Pflanzenfressern lebt. Der bei der Athmung aufgenommene Sauerstoff dient nur dazu, diese Zerstörung der organischen Substanz zu beschleunigen. Das Thierreich lebt auf Kosten des Pflanzenreiches, und kein Thier (die chlorophyllhaltigen Formen ausgenommen) ist im Stande unorganische Kohlenstoff-Verbindungen durch seine Lebensthätigkeit in den Kreislauf des Lebens aufzunehmen.

Aus diesem Grunde müssen wir annehmen, dass das organische Leben auch auf der Erde mit solchen Formen begonnen habe, welche physiologisch zum Pflanzenreich gehörten. Ja wir könnten die Pflanzen als eine Bedingung des Lebens bezeichnen — auf jeden Fall aber müssen wir zuerst die Bedingungen des Assimilationsprozesses der Pflanzen besprechen, ehe wir die Bedingungen thierischen Lebens weiter behandeln können.

Wenn die Summe der belebten Materie auf der Erde nicht be-

1) MÜLLER, Die Bakterien. Leipzig 1891, S. 56.

Im Allgemeinen werden wir eine Abhandlung nur da zitiren, wo sie zum erstenmale benutzt wird, so dass das Zitat für das ganze betreffende Kapitel gilt.

ständig abnimmt, wenn nicht Pflanzen und Thiere endgiltig aussterben, wenn die Erdoberfläche sich nicht ihres organischen Lebens entkleidet, so ist der einzige Grund hierfür der Assimilationsprozess der Pflanzen. Die mit einem grünen, braunen, rothen, gelben Farbstoff dem Chromophyll¹⁾, versehenen Pflanzentheile haben die Fähigkeit, unter dem Einfluss des Lichtes aus Kohlensäure und Wasser organische Substanzen zu erzeugen. Man²⁾ kann grüne Pflanzen in ausgeglühtem Sand und in Wasser erziehen, welches keine Spur organischer Körper enthält, wenn diesem Nährboden die ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff für den vegetabilischen Organismus unentbehrlichen Elemente in anorganischer Verbindung zugesetzt werden. Andererseits gewinnt eine in kohlensäurefreier Atmosphäre kultivierte Pflanze keinen Kohlenstoff und verliert an diesem Element.

So bedarf also die Pflanze: Wasser, Licht, Kohlensäure und Chromophyll, damit sie assimiliren kann; und somit sind diese vier Faktoren die nothwendige Voraussetzung des organischen Lebens.

Das Wasser existirte nicht immer als flüssiges Element auf der Erde. Wenn wir zurückgehen in diejenigen Phasen der Erdgeschichte, wo die Erde noch ein überaus heisser Himmelskörper war, so finden wir kein Wasser auf der Erdoberfläche; denn alles Wasser schwebte in Dampfform in der Atmosphäre. In³⁾ diesem Stadium der Dinge musste der Siedepunkt des Wassers abhängig sein von dem hohen Druck des Wasserdampfes, welcher damals den grössten Theil der Atmosphäre bildete. In dem Maas, als sich die Erde abkühlte, wurde ein Theil des Wasserdampfes nach dem anderen condensirt, und zwar bei einer Temperatur, welche dem jedesmaligen Siedepunkt des Wassers entsprach. Der Siedepunkt des Wassers hatte sein Maximum, als die Condensation des Wasserdampfes begann und das erste flüssige Wasser auf der Erdrinde erschien; seitdem sank der Siedepunkt im Verlauf der Erdbildung mehr und mehr, bis die Erde sich soweit abkühlte, dass der jetzige Siedepunkt von 100° C. erreicht wurde.

Wir können hier die Temperatur des Wassers noch ausser Acht lassen; jedenfalls war organisches Leben erst dann möglich, als flüssiges Wasser sich auf der Erdrinde condensirt hatte.

Als zweite Voraussetzung der Assimilation lernten wir das Licht kennen. Eine Pflanze kann zwar im Dunklen so lange gedeihen und sogar wachsen, als sie von assimilirten Reservestoffen zu zehren vermag, aber ohne Einwirkung des Lichtes ist die chlorophyllhaltige Pflanze nicht fähig, Kohlensäure zu zersetzen, und organische Substanz neu zu bilden, d. h. zu assimiliren. Die Intensität der Belichtung hat bei verschiedenen Pflanzen ein verschiedenes Optimum, und so wie es für jede Lebensäusserung der Pflanzen eine obere Temperaturgrenze giebt, die ohne Schädigung nicht überschritten werden darf, so giebt es auch eine obere Grenze der Belichtung, bei welcher das Chlorophyllkorn nicht mehr assimiliren kann. Manche Pflanzen, besonders gewisse Meeressalgen gedeihen im Halbdunkel besser als im vollen Sonnenlicht,

1) ENGELMANN, Botan. Zeitung. 1883, S. 16.

2) PREFFER, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1881, S. 182.

3) MALLEY, Quat. Journ., Geol. Soc. London 1880, S. 116.

aber ohne Sonne vermag keine einzige zu assimiliren. Da nun die Lichtstrahlen beim Eindringen in eine Wassersäule eine fortdauernde Schwächung ihrer Intensität erleiden, so muss mit zunehmender Meerestiefe die Assimilation immer geringer werden.

Bei Villafranca hat man¹⁾ durch Versenken lichtempfindlicher Platten in sehr reinem Wasser bei sonnigem Wetter und zur Mittagszeit 400 m als die grösste Tiefe beobachtet, bis zu der chemisch wirksame Lichtstrahlen eindringen.

Die Wasserschichten von 0—300 m werden jeden Tag so lange erleuchtet, als die Sonne am Himmel steht, dagegen dringt das Licht nur 8 Stunden lang bis in eine Tiefe von 350 m.

Die im Genfer See angestellten Versuche ergaben, dass im Winter chemisch wirksame Strahlen bis 250 m eindringen, während im Sommer durch die Trübung der einmündenden Flüsse die Lichtdurchlässigkeit des Wassers so vermindert wird, dass chemisch wirksame Strahlen nur bis 45 m nachgewiesen werden konnten.

Beim Eindringen des Lichtes in eine Wassersäule wird aber nicht nur die Intensität, sondern auch die Qualität des Lichtes verändert. SACHS²⁾ konnte durch Versuche zeigen, dass unter Berücksichtigung aller Nebenumstände die Assimilation im rothgelben Theil des Spektrums beinahe ebenso stark ist, wie im vollen unzerlegten Tageslicht. Nur Licht von 70 μ bis 40 μ Wellenlänge kann Assimilation veranlassen. (die Purpurbakterien³⁾ assimiliren auch im Ultraroth, während das Chlorophyll in ihm unwirksam ist).

Wir haben später noch zu zeigen, dass die rothen Lichtstrahlen im Wasser sehr rasch absorbirt werden. In 2 m Tiefe ist schon die Hälfte aller rothen Strahlen verschwunden. Infolgedessen liegt die Grenze der assimilirenden Strahlen im Meere höher, als die Grenze, bis zu welcher Licht überhaupt eindringt. Von diesem Standpunkt können wir die Oberfläche der Erde bionomisch in zwei Gebiete eintheilen. Das diaphane Gebiet, welches vom Sonnenlicht erleuchtet, und infolgedessen von assimilirenden Organismen bewohnt wird, umfasst das gesammte Festland und die obere Schicht des Ozeans bezw. von Binnenseen, bis in eine Tiefe von etwa 400 m. Das aphotische Gebiet ist die Tiefsee unterhalb dieser Assimilations-Grenze, und die dunklen Höhlen der Erdrinde.

Nur in dem diaphanen Gebiet ist Assimilation möglich, nur hier können anorganische Verbindungen in den Kreislauf des Lebens aufgenommen werden, hier allein konnte das Leben auf der Erde seinen Anfang nehmen. Die Tiefsee konnte nur von dem diaphanen Gebiet aus bevölkert werden und steht beständig in einer ökonomischen Abhängigkeit von dem diaphanen Gebiet. Die dunklen Regionen des Meeres entziehen ihre Existenzmittel dem durchlichteten Gebiet der Meeresoberfläche, der Flachsee und des Festlandes, und ohne diese ist eine Tiefseefauna undenkbar.

Zur Assimilation ist Kohlensäure nöthig. In reiner Luft sind 0,33 % Volumina Kohlensäure enthalten, während Regenwasser

1) FOL & SARASIN, Mém. Soc. Hist. Nat. Genève XXIX, Nr. 13.

2) SACHS, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882.

3) ENGELMANN, Botan. Zeitung. 1888, S. 15.

in der absorbierten Luft über 10 $\frac{1}{100}$ Volumina enthält. Infolgedessen gelangen auch in alle Seen und in das Meer ziemlich beträchtliche Mengen von Kohlensäure. Wenn man nun bedenkt, welche Mengen assimilirter Kohlensäure in den Kohlenlagern festgelegt sind, so muss man annehmen, dass früher der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre noch bedeutend grösser gewesen ist, so dass von dieser Seite die Bedingungen der Assimilation stets erfüllt waren.

Kohlensäure ¹⁾ und Wasser sind gesättigte Sauerstoffverbindungen; sie können keine Bewegung erzeugen, ebensowenig wie der Stein, der auf dem Boden ruht. Erst wenn durch den Verbrauch einer lebendigen Kraft der Stein gehoben wurde, kann er fallen; und erst wenn durch den Verbrauch einer lebendigen Kraft der Sauerstoff vom Kohlenstoff und Wasserstoff in der Pflanze getrennt wurde, können chemische Spannkkräfte in ihr entstehen. Wir wissen durch Versuche, dass die chlorophyllhaltige Pflanze nur so lange Sauerstoff abspaltet, als das Sonnenlicht sie bescheint, und dass die Menge des abgespaltenen Sauerstoffes der Intensität des Lichtes proportional zu- und abnimmt. Es unterliegt also keinem Zweifel: alle Spannkkräfte der Pflanzenstoffe sind umgesetztes Sonnenlicht.

Die von der Pflanze gebildeten Stoffe dienen dem Thier zur Nahrung. Der Sauerstoff, welcher in der grünen Pflanze durch die lebendige Kraft des Sonnenlichtes aus dem Wasser und der Kohlensäure freigemacht wurde, wird mit den dadurch erzeugten sauerstoffarmen Verbindungen im Thierkörper wieder vereinigt, und als Endprodukte dieser Vereinigung werden wiederum Kohlensäure und Wasser ausgeschieden — dieselben einfachen Stoffe, welche der Pflanze als Nahrung dienen. Die chemische Spannkraft der Nahrung ist also verbraucht worden. Da aber eine Kraft nicht verschwinden kann, so finden wir sie wieder in der Körpertemperatur der Thiere und in deren Bewegungen.

In jeder ²⁾ lebenden Zelle findet Assimilation nur da statt, aber auch überall da, wo Chlorophyllkörper liegen. Dieselben sind also absolut notwendig für die Assimilation. Durch sinnreiche Versuche konnte ENGELMANN feststellen, dass zwischen dem Moment des Lichteinfalls und dem Beginn der Sauerstoffentwicklung als Produkt der Assimilation keine messbare Zeit vergeht, ebenso hört die Sauerstoffentwicklung an den Chlorophyllkörpern im Moment der Lichtentziehung auf. Alle ³⁾ nicht chlorophyllhaltigen Organe der Pflanzen, z. B. die Wurzeln, unterirdische Knollen, Blütenblätter, Staubgefässe, chlorotisch weisse Blätter, die im Finstern gewachsenen gelben etiolirten Blätter, die nicht grünen Schmarotzer und Pilze, können nicht assimiliren. In ihnen kann keine Neubildung von verbrennlicher, sauerstoffarmer organischer Substanz mit Ausscheidung freien Sauerstoffes stattfinden. Sie müssen ebenso wie die Thiere von aussen her organische sauerstoffarme Substanz in sich aufnehmen, weil sie des Organs entbehren, durch welches Kohlensäure zersetzt und organische Substanz erzeugt wird.

1) BUNGE, Lehrb. d. Phys. und Path. Chemie. 1887, S. 34.

2) ENGELMANN, Arch. f. Physiologie. 1881, S. 289.

3) SACHS, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882, S. 360.

Der grüne Farbstoff ist gewöhnlich in Gestalt von weichen Körnern in den Pflanzen enthalten. Bei gewissen Algen finden wir grüne Bänder oder Platten. Bei den Florideen ist ausser dem Chlorophyll ein rother, bei den Fucaceen ein brauner, bei den Diatomeen ein gelber Farbstoff vorhanden, welcher das Chlorophyll theilweise ersetzt. Immer aber ist der Assimilationsvorgang an gefärbte Pflanzentheile gebunden.

Wir dürfen nicht unerwähnt lassen, dass die Allgemeingiltigkeit dieser Anschauung in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von WINOGRADSKY¹⁾ insofern eine Einschränkung erlitten hat, als die durch diesen Forscher entdeckte Bakterie *Nitromonas* ohne Chlorophyll, ohne Anwesenheit organischer Verbindungen, ja sogar bei vollständiger Dunkelheit im Stande ist, Ammoniak und Kohlensäure aufzunehmen und daraus Amidverbindungen zu bilden.

In diesem Fall findet Assimilation ohne Licht und ohne Chromophyll statt. Allein es scheint uns dadurch der Satz, dass der Assimilationsprozess gründer Pflanzen im Licht, die Quelle aller organischen Substanz sei, nur eingeschränkt zu werden; denn die Mehrzahl der Thiere leben doch auf Kosten grüner Pflanzen. Vielleicht aber erleichtert uns *Nitromonas* das Verständniss jener ältesten Zustände organischen Lebens auf der Erde, deren endgiltige Entwicklung zur Bildung des assimilirenden Chromophylles führte.

Da die meisten Pflanzen Chromophyll enthalten, so liegt es nahe, das Pflanzenreich als das Reich der assimilirenden Organismen, dem Thierreich gegenüber zu stellen. Aber wir haben schon gesehen, dass sich gewisse Pflanzen oder Pflanzentheile physiologisch wie Thiere verhalten, während andererseits eine ganze Reihe niederer Thiere echte Chromophyllkörner in ihren Geweben enthalten.

So wie in dem Thallus der Flechten eine Lebensvereinigung zwischen Pilzhyphen und Algenzellen vorhanden ist, so kennt man manche Thiere, in deren Gewebe assimilirende Chlorophyllkörner enthalten sind. Es bestehen noch Meinungsverschiedenheiten darüber, ob man solche grüne Körner als thierisches Chlorophyll bezeichnen darf, oder ob nur eine Symbiose zwischen Thierzellen und gewissen selbstständigen Algen stattfindet. Jedenfalls aber assimiliren diese Chlorophyllkörner mit dem Einfluss des Lichtes im Gewebe der Thiere, indem sie Kohlensäure spalten, und Sauerstoff abscheiden. Auch darüber ist man noch nicht in allen Fällen klar, ob diese Algen im Stande sind, das Thier, in dessen Gewebe sie leben, vollständig oder zu einem grösseren Theil zu ernähren.

Chlorophyllkörner und die nahe verwandten „Gelben Zellen“ oder Xanthellen hat man²⁾ in folgenden Thieren beobachtet:

Foraminiferen: *Orbitolites* sp. *Globigerina echinoides*.

Radiolarien: in mehr als 100 Arten.

Infusorien: in vielen Arten.

1) Referat im Landw. Jahrbuch. 1891, S. 183.

2) Nach BRANDT u. GEZA ENTZ, Biol. Centralblatt I, 524, 646.

BRANDT, Mittheil. zool. Stat. Neapel 1883, S. 193.

GEDDES, Nature, XXV, S. 303, 361.

DANGEARD, Compt. Rend. Acad., 108, S. 1313.

Spongien:	<i>Spongilla</i> . <i>Hircinia variabilis</i> . <i>Reniera cratera</i> .
Hydromedusen:	<i>Sarsia</i> . <i>Aglaophenia</i> . <i>Hydra viridis</i> . <i>Rhizostoma Cuvieri</i> . <i>Cassiopeia borbonica</i> .
Siphonophoren:	<i>Velella</i> . <i>Porpita</i> .
Anthozoen:	<i>Anemonia sulcata</i> . <i>Paralcyonium elegans</i> . <i>Gorgonia verrucosa</i> . <i>Anthea cereus</i> . <i>Anthea cinerea</i> . <i>Ceriatitis aurantiaca</i> . <i>Helianthus troglodytes</i> . <i>Heliactis bellis</i> . <i>Adamsia diaphana</i> . <i>Actinia aurantiaca</i> . <i>Aiptasia diaphana</i> . <i>Aiptasia chamaeleon</i> . <i>Cladocora caespitosa</i> . <i>Porites lutea</i> .
Echinodermen:	<i>Echinocardium cordatum</i> . <i>Holothuria tubulosa</i> .
Bryozoen:	<i>Zoobothrium pellucidum</i> .
Würmer:	<i>Bonellia viridis</i> . <i>Vortex viridis</i> . <i>Chaetopterus sp.</i> <i>Convoluta Schultzii</i> . <i>Mesostomum viridatum</i> . <i>Eunice gigantea</i> .
Krebse:	<i>Idotea viridis</i> .
Muscheln:	<i>Tridacna</i> .

Gleichzeitig mit dem Vorgang der Assimilation vollzieht sich, in den Pflanzen genau wie in den Thieren, der Vorgang der Athmung. Während die Assimilation der Pflanzen Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff ausscheidet, athmen die Pflanzen und Thiere Sauerstoff ein, um Kohlensäure auszuschcheiden. Daher ist der Sauerstoff eine notwendige Bedingung für thierisches wie für pflanzliches Leben. Wenn wir in der Assimilation den Vorgang erblicken müssen, welcher organisches Leben möglich macht, so ist die Athmung zugleich mit der Nahrungsaufnahme derjenige physiologische Prozess, welcher das Leben erhält. Die Athmung ist im Pflanzenreich wie bei den Thieren am stärksten in bewegten wachsenden, am schwächsten in ruhenden Theilen, und je lebhafter die Bewegung oder das Wachstum eines Organes ist, desto lebhafter ist in ihm der Verbrauch von Sauerstoff und die Ausscheidung von Kohlensäure.

In der atmosphärischen Luft sind 21 % Sauerstoff und 79 % Stickstoff enthalten, in der Luft im Seewasser kommen aber 31 % Sauerstoff auf 66 % Stickstoff. Verschiedene Faktoren, wie Sonnenbelichtung, Thierreichthum und Temperatur verändern zwar diese Zahlen, immerhin aber ist der Sauerstoffgehalt der im Seewasser enthaltenen Luft grösser als der in der Atmosphäre.

Diese Thatsache ist von hervorragender bionomischer Bedeutung, denn der Sauerstoffreichthum des Meeres gestattet eine viel reichere Entfaltung organischen Lebens, als sie unter sonst gleichen Umständen auf dem Festlande möglich ist. Die Wasserpflanzen ebenso wie die eigentlichen Wasserthiere sind allseitig von einer sauerstoffreichen Flüssigkeit umgeben. Infolgedessen athmen beide in der Regel mit ihrer gesamten Körperoberfläche oder mit Körperanhängen, die wir als Kiemen bezeichnen. Während bei den Landpflanzen besondere Luftwege im Gewebe vorhanden sind und die Landthiere ebenfalls mit besonders differenzirten inneren Organen athmen.

Ein wichtiger Faktor für das organische Leben auf der Erde ist endlich die Temperatur; denn es ist bekannt, dass das Protoplasma durch sehr hohe und sehr niedrige Temperaturen zerstört und getödtet wird. Die Mehrzahl der Pflanzen und Thiere verlangen zu ihrem Ge-

deihen eine innerhalb enger Grenzen schwankende Wärme, dennoch giebt es Organismen, welche sehr hohe Temperaturen ziemlich gut ertragen. Und da wir annehmen dürfen, dass die Temperatur des Erdalles früher eine höhere gewesen sei, dass der Urozean mehrere hundert Grad warm gewesen sein muss, so interessirt es uns aus der Gegenwart zu erkennen, welches die höchsten Temperaturen sind unter denen noch lebende Organismen beobachtet¹⁾, wurden.

Lebende Wasserpflanzen wurden gefunden

in 45° C. von W. THOMSON,

„ 54° C. „ HOPPE SEYLER,

„ 55° C. „ COHN,

„ 56° C. „ SPENCER, v. HOCHSTETTER, PARTZ, WOOD,

„ 70° C. „ MOSELEY,

„ 72° C. „ DANA, BICKMORE,

„ 75° C. „ HOOKER,

„ 85° C. „ EHRENBERG, WEED, HAYDEN, BREWER, W. THOMSON.

Der²⁾ *Bacillus thermophilus* gedeiht am besten bei 65—70° C., wächst aber noch bei 72° C.

*Paludina*³⁾ *muricata* Lk. lebt in den Thermen von Abano und Pisa in 44—56° C.

Das Wasser⁴⁾ der heissen vulkanischen Quellen im Greethafen auf Neupommern scheint die Meeresfauna nicht zu belästigen, denn *Ostrea cucullata* lebt dort in 45° C. warmem Wasser, während eine *Neritina thermophila* noch in 52° C. warmen Wasser gefunden wurde.

Auch manche Landpflanzen ertragen höhere Temperaturen ohne Schaden. So beobachtete GÖPPER⁵⁾ über den brennenden Kohlenflötzen von Plaenitz an einer Stelle, wo der Erdboden in 8 cm Tiefe noch 45° C. warm war, folgende Arten:

Dicranum purpureum *Hypochaeris radicata*

Bryum caespitium *Poa annua*

„ *argenteum* *Polygonum aviculare*

— *Pinnaria hygrometrica* *Agrostis vulgaris*.

Obwohl das vitale Temperaturminimum für die Frage nach dem ersten Auftreten des organischen Lebens ohne Bedeutung ist, so wollen wir doch der Vollständigkeit halber auch hierüber einige Daten geben.

Nach den Versuchen von POUCHET⁶⁾ und ROEDEL⁷⁾ erfrieren niedere Thiere bei verschiedenen Temperaturen:

Daphnia pulex erfriert bei 0° C.

Aulostomum gulo „ „ 2° C.

Argyroneta aquatica „ „ 4° C.

Cyclops sp. „ „ 6° C.

Helix hispida „ „ 8° C.

1) Nach WEED, Ann. Rep. U. St. Geol. Survey IX, S. 620.
und CHALLENGER, Narrative II, S. 654.

2) MIQUEL, Centralbl. f. Bakterienkunde 1889, S. 282.

3) BRONN, Geschichte der Natur II, 3. S. 46.

4) Gazellenexpedition I, S. 245; III, S. 254.

5) GÖPPER, Archiv f. Naturg. III, 1837, S. 210.

6) POUCHET, Journal d'Anat. et Physiol. III, 1866, S. 1. zitiert in:

7) ROEDEL, Ueber das vitale Temperaturminimum wirbelloser Thiere.
Halle 1881, S. 33.

<i>Helix pomatia</i>	"	"	10—18° C.
<i>Astacus fluviatilis</i>	"	"	11—14° C.
<i>Limnacus stagnalis</i>	"	"	14—18° C.
manche Insekten erst bei			18—20° C.

Für viele Thiere stehen Intensität und Dauer der für das Erfrieren nothwendigen Kälte im umgekehrten Verhältniss. Es lässt sich bei ihnen nicht schlechtweg von einem vitalen Temperaturminimum sprechen, vielmehr tritt der Tod bei sehr verschiedener Temperatur je nach der Länge der Einwirkung der Kälte ein.

Völlig gefrorene Thiere, die ein gesondertes Zirkulationssystem haben, beleben sich nicht wieder. Sobald das Blut in den Gefässen einmal erstarrt war, so ist ein Wiederaufleben ausgeschlossen.

Die Organismen des Landes sind bekanntlich durch äussere Schutzmittel im Stande, viel niedrigere Temperaturen ohne Schaden zu ertragen. Für die Organismen des Meeres muss man in dieser Hinsicht der Thatsache Rechnung tragen, dass das Meerwasser bei -3°C . friert; dass also eine grössere Temperaturenniedrigung für diese überhaupt nicht in Frage kommen kann.

Wir könnten zum Schluss noch der Nahrung und der Nährsalze gedenken, welche für das Leben der organischen Welt nothwendig sind, allein die Frage der Nahrung hängt mit dem Problem der Assimilation aufs Engste zusammen, und die Nährsalze sind in der Erdrinde wie im Wasser so allgemein verbreitet, dass sie für die Beurtheilung der Frage nach dem ersten Auftreten des Lebens auf der Erde bedeutungslos sind.

Blicken wir zurück auf die Bedingungen, welche in der Gegenwart organisches Leben ermöglichen, so können wir, zusammenfassend, folgende sechs aufzählen: Flüssiges Wasser, Licht, Kohlensäure, Chlorophyll, Sauerstoff, eine Temperatur unter 85°C . und für die Wasserorganismen über -3°C . So lange das Wasser noch in Dampfform in der Atmosphäre schwebte, so lange kein Sonnenstrahl die Dampfwolken durchbrach, konnte keine organische Bewegung entstehen (höchstens konnte damals Nitromonas existiren) und wenn wir aus den Erscheinungen der Gegenwart auf diese Urfänge des Lebens zurückschliessen dürfen, so musste das Leben mit chromophyllhaltigem Protoplasma in dem diaphanen Gebiet beginnen; und wenn damals eine Tiefsee existirte, so war sie unbelebt.

2. Die Lebensbezirke des Meeres.

Mit Rücksicht auf die allgemeine Oekonomie des organischen Lebens haben wir die Erdoberfläche in dem vorhergehenden Abschnitt in zwei Gebiete zerlegen können. Das diaphane Gebiet, welches das Festland und die obersten Wasserschichten begreift, wird von assimilirenden Organismen bewohnt; das aphotische Gebiet der Tiefsee beherbergt keine Wesen, welche anorganische Stoffe in den Kreislauf organischer Kohlenstoff-Verbindungen aufnehmen und Protoplasma bilden können.

Infolgedessen ist das diaphane Gebiet nicht nur heutzutage die bionomische Voraussetzung der aphotischen Region, sondern diese letztere muss auch im Laufe der geologischen Vergangenheit von jenem durchleuchteten Gebiet aus besiedelt worden sein.

So gross auch die fundamentale Wichtigkeit dieser beiden Lebensbezirke ist, und so sehr wir uns des Gegensatzes, in dem sie stehen, bei allen weiteren Betrachtungen bewusst bleiben müssen, so wollen wir doch unseren Besprechungen ein anderes Eintheilungsprinzip zu Grunde legen, welches nicht nur den einen Faktor der Assimilation, sondern auch noch andere physikalische Umstände berücksichtigt. Vorher aber wollen wir einige topographische Fragen über die Dimensionen des Meeres besprechen.

Das Weltmeer der Gegenwart bildet eine ununterbrochene Fläche von etwa 370 Millionen $\square$ km, so dass sich der Flächenraum des Festlandes zu dem des Meeres wie 3 : 8 verhält. Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass das Weltmeer eine einheitliche Fläche darstellt und das Kaspische Meer mit 440 000 $\square$ km das einzige grössere isolirte Wasserbecken des Festlandes darstellt.

Die südliche Hemisphäre ist unverhältnismässig wasserreicher; eine Thatsache, welche auf Erdkarten leicht übersehen wird, weil die Kartographen auf Karten in Mercators Projektion gewöhnlich den Aequator etwa 20 Breitengrade unterhalb der Mittellinie des Bildes eintragen.

Dieser Gegensatz findet seine Ursache nicht etwa darin, dass auf der Südhemisphäre entsprechend mehr seichte Meerestheile sind, sondern wenn das allgemeine Meeresniveau 200 m niedriger stände, so würde die Nördliche Halbkugel verhältnismässig noch landreicher sein.

Die Fläche des Meeres im Verhältniss zu den darin eingefügten Festländern wird in hohem Masse beeinflusst von der Höhe der Wasser-

schicht des Ozeans. Würde¹⁾ das Meeresniveau 1000 m höher sein, so verschwänden 80 % aller jetzigen Festländer.

Der Gegensatz von Festland und Ozean deckt sich nicht mit dem Unterschied zwischen Kontinent und Meeresbecken. Die Kontinente²⁾ sind jene grossen Reliefformen der Erdrinde, welche als älteste und grösste Horste zwischen einsinkenden Rindentheilen stehen blieben; Festland aber ist alles feste Land im Gegensatz zu den wasserbedeckten Gebieten der Erdoberfläche. Ein Kontinent kann vom Meere transgredirend völlig überspült werden; das Festland verschwindet, aber der Kontinent bleibt erhalten.

In der Regel sind die Ränder der Kontinente von einem mehr oder minder breiten Wassersaum überspült, so dass das Relief des Meeresbodens um die meisten Küsten eine mit flachem Wasser bedeckte Terrasse erkennen lässt, jenseits deren der Meeresboden zu den grösseren Tiefen ziemlich steil abstürzt.

Wenn man z. B. auf einer Seekarte der Westküste von Nordafrika die Tiefen des benachbarten Atlantik sorgfältig studirt, so findet man³⁾ bei Cap Ghir in den auf einander folgenden gleichen Abständen folgende Tiefen: 16, 66, 91, 119, 155, 174, 248, 578 m. Der Meeresboden sinkt also bis in eine Tiefe von etwa 200 m sehr langsam, dann wird der Neigungswinkel bis in Tiefen von 5000 m wesentlich steiler, um von hier ganz allmählig in die flachen Neigungen des Tiefseebodens überzugehen.

Dieser Gürtel eines flacheren Meeresgebietes, welcher die meisten Kontinentalküsten umsäumt, und der bei Irland 550 km breit ist, heisst die Hundertfadenstufe oder Kontinentalstufe.

Ueber die Entstehung dieser sonderbaren Erscheinung gehen die Meinungen noch auseinander. F. v. RICHTHOFEN hält⁴⁾ sie für eine Schuttermasse lockeren Materials, während ich sie als eine Bildung aus anstehendem Felsen betrachte, welche durch die Abrasion der Brandung entstanden ist.

Jedenfalls gehört die Kontinentalstufe topographisch zum Kontinent, obwohl sie vom Meere überspült ist.

Nur künstlich kann man die geschlossene Fläche des Weltmeeres in einzelne Ozeane theilen. Eine im Jahre 1847 niedergesetzte Kommission der Geographischen Gesellschaft zu London hat folgende Einteilung mit Erfolg vorgeschlagen:

1) Der Atlantik, begrenzt im Norden und Süden durch die beiden Polarkreise, im Westen durch die Ostküste von Amerika und durch den Meridian von Cap Horn, im Osten durch die Küsten von Europa und Afrika und den Meridian des Cap Agulhas.

Der Atlantik besitzt eine S-förmige Gestalt, seine Ränder werden nicht von Faltengebirgen begleitet; viele Flüsse münden in seine im Norden reich gegliederte Küste, zwei Mittelmere treten beiderseits tief in die Ländermassen hinein; die atlantischen Inseln sind meist Vulkane.

1) PENK, Mitth. Geogr. Ges. Wien 1886.

2) J. WALTHER, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1886. XX, S. 27.

3) West Coast of Africa, 2. Azamor to St. Cruz. Nr. 1228.

4) F. VON RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreiseende. S. 414.

2) Der Indik, begrenzt im Norden durch Asien, im Westen durch Afrika und den Meridian von Cap Agulhas, im Osten durch die Sundainseln, Australien und den Meridian von Tasmanien, im Süden durch den Polarkreis. Der Indik sendet nach Norden tiefe Buchten in das Land hinein, seine Inseln sind entweder grosse Kontinentalinseln (Madagaskar, Ceylon) oder Korallenarchipiele.

3) Der Pazifik, im Norden begrenzt durch die Behringsstrasse, im Westen durch Asien, Sundainseln und Australien, sowie den Meridian von Tasmanien, im Osten durch Amerika und den Meridian von Cap Horn, im Süden durch den Polarkreis. Der Umriss des Pazifik wird gebildet von gewaltigen Faltengebirgen, welche nur von wenigen Flüssen durchbrochen werden und nur auf der Westseite durch Randmeere gegliedert sind. Die meisten Inseln sind Korallenarchipiele, nur wenige Gruppen sind vulkanisch.

4) Der Arktik wird vom nördlichen Polarkreis begrenzt.

5) Der Antarktik vom südlichen Polarkreis.

Den obengenannten selbstständigen¹⁾ grossen Meeresbecken stehen die Mittelmeere und Randmeere gegenüber. Die Mittelmeere sind von grossen Festländern rings umschlossen und haben wenige Ausgänge nach dem offenen Ozean. Dagegen sind die Randmeere Theile des Ozeans, welche durch Inselketten an den benachbarten Kontinent angeschlossen werden (Ostküste von Asien).

Wir können ausserdem das Gebiet der seichten Kontinentalstufe als Kontinentalrand von den eigentlichen tieferen Meeresbecken unterscheiden; überspülte Tafelländer bezeichnet man²⁾ als Pfanne (Hudsonbai), während die Karische See als Rückmeer von vorliegenden Faltenzügen abgegrenzt wird.

Der von KRUEMMEL hervorgehobene Gegensatz zwischen selbstständigen Ozeanen und unselbstständigen Meerestheilen äussert sich in binomischer Hinsicht nach verschiedenen Seiten.

Die selbstständigen Meeresräume besitzen eine grosse Gleichartigkeit der Existenzbedingungen. Der Salzgehalt, die Temperatur, die Beschaffenheit des Meeresbodens ändern sich nur in sehr geringem Maasse, infolgedessen müssen auch alle diejenigen Organismen, welche von jenen Bedingungen abhängig sind, eine weite Verbreitung besitzen.

Unselbstständige Meeresräume werden durch eine Reihe von Faktoren einem häufigen Wechsel unterworfen. Sie stehen in einer vielfachen Abhängigkeit von dem benachbarten Festland. Süsswasserströme verändern den Salzgehalt; Niveaudifferenzen verändern die Temperatur; eingeführte Sedimente geben mannichfaltige Existenzbedingungen; und während die selbstständigen Meeresräume von Niveauschwankungen des Meeresspiegels nur wenig betroffen werden, beeinflussen solche das flache Gebiet der Kontinentalstufe, der Randmeere, und der Mittelmeere oft und leicht. Eine Folge dieses örtlichen und zeitlichen Wechsels in den äusseren Umständen ist der Formenreichtum der litoralen Organismenwelt.

Die planimetrische Betrachtungsweise des Meeres verlangt aber als nothwendige Ergänzung eine kurze Besprechung der Meerestief-

1) KRUEMMEL, Göttinger gel. Anz. 1879, S. 385.

2) SUESS, Antlitz der Erde II, S. 43 und 82.

fen. Wenn wir uns einen Globus herstellen würden, auf dem jede geographische Meile einem Millimeter entspricht, so erhielten wir eine Erdkugel von rund 1720 mm Durchmesser, also von der Höhe eines erwachsenen Mannes. Auf diesem Globus würde die Höhe des Gaurisankar (8840 m) etwas über 1 mm betragen, die grösste, bisher gelothete Tiefe des Meeres bei den Kurilen (8513 m) würde ebenfalls etwas grösser als 1 mm sein und die mittlere Tiefe des Meeres (3440 m) etwa $\frac{1}{2}$ mm betragen. Das Weltmeer ist also im Verhältniss zum Erdganzen ein sehr dünnes Wasserhäutchen, welches sich als lückenhafte Hülle um eine grosse Kugel herumlegt.

Auf den Unterschied zwischen Kontinentalstufe und Meeresbecken haben wir schon aufmerksam gemacht, er bezeichnet die grössten morphologischen Gegensätze des Weltmeeres. Man kann ausserdem die fast ebenen Gebiete der Kontinentalstufe und des Bodens der Tiefsee, dem Abfall der Kontinentalränder und dem Gebiet der Inselarchipele gegenüberstellen. Die Neigung des Meeresbodens bzw. die Veränderung der Meerestiefe erfolgt auf der Kontinentalstufe und in der Tiefsee unter sehr geringen Winkeln. Meist beträgt die Neigung nur Bruchtheile eines Grades.

Anders verhält es sich im Gebiet des Kontinentalabfalles und der Archipele. Hier sind grosse Böschungswinkel keineswegs selten und Neigungen über 1° sehr charakteristisch. An der ¹⁾Norwegischen Küste unter 69° N. Br. fällt der Meeresboden unter $9^\circ 25'$ ab, während die Gazelle bei der Insel Amsterdam 254 m von der Küste entfernt, einen Böschungswinkel von 80° feststellte.

Eine bemerkenswerthe Ausnahme macht die Flämische Kappe im Nordatlantik ²⁾, hier fand der „FARADAY“ folgende Winkel in einer Tiefe von 512—3559 m zuerst:

$4^\circ, 6^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 29^\circ, 8^\circ, 7^\circ, 5^\circ,$

dann in grösserer Tiefe:

$2^\circ, 5^\circ, 17^\circ, 9^\circ, 9^\circ, 9^\circ, 10^\circ, 6^\circ, 6^\circ, 5^\circ, 2^\circ,$

an einzelnen Stellen des Faradayhügels aber:

$17^\circ, 13^\circ, 9^\circ, 18^\circ, 11^\circ, 35^\circ, 25^\circ, 19^\circ.$

Der Boden ist mit grossen Steinen überstreut.

Allein in der Regel ist der Boden in grösseren Tiefen überaus eben und gleichmässig geformt.

Wenn wir von den geographischen Verhältnissen der Meeresräume als geometrisch umgrenzter Gebiete absehen, und die verschiedenen Typen bionomischer Beziehungen zur Grundlage einer Klassifikation machen, so können wir 6 verschiedene Lebensbezirke des Meeres unterscheiden: das Litoral, die Flachsee, die Aestuarien, das offene Meer, die Tiefsee und die Archipele.

Das Litoral ist derjenige Theil des Festlandes, welcher in meteorologischen oder bionomischen Beziehungen zum Meere steht, und derjenige Theil des Meeresgrundes, welcher bei Ebbe trocken liegt. Es ist ein amphibisches Zwischenreich zwischen Festland und Ozean. Die Organismenwelt des Landes dringt durch das Litoral

1) THOULET, Océanographie. 1890, I, S. 165.

2) KRUEMMEL, Annal. für Hydrogr. 1883, S. 146.

gegen das Meer vor, während Meeresbewohner weit ausserhalb der Wassergrenze noch ins Land hineinwandern. Felsige Steilufer oder sandige Flachküsten, schlammige Lagunen und zackige Korallenklippen rufen einen beständigen Wechsel aller äusseren Umstände hervor, welche durch geringe geologische Veränderungen leicht umgestaltet werden können. Ein Ansteigen der Nordsee um 50 m, würde den grössten Theil von Dänemark unter den Meeresspiegel versenken, und ein Sinken des Wassers um 50 m würde weite Strecken des Nordseebodens landfest machen. Sobald das Behringsmeer um 50 m sinkt, so ist sofort Europa mit Amerika verbunden, und der Arktische Ozean vom Pazifik getrennt. Kurzum, keine noch so geringfügige geologische Veränderung kann geschehen, ohne die Lebensverhältnisse des Litorals gründlich umzugestalten.

Die Höhe des Gezeitenunterschiedes kann 10 m betragen, und bedingt eine täglich wiederkehrende Veränderung aller Existenzbedingungen des Litorals. Vorgänge im Innern eines Festlandes, wie die Verlegung einer Wasserscheide, wandeln die bionomischen Verhältnisse des Strandes rasch um, und jeder Sturm verändert die Grenze zwischen Festland und Meer.

Die Flachsee umfasst das Gebiet der Kontinentalstufe und alle Theile des Meeresbodens, welche zu der diaphanen Region gehören. Die Flachsee ähnelt in mancher Hinsicht dem Strand, mit dem sie aufs engste verbunden ist, und leidet wie dieser, wenn auch nicht so eingreifend unter dem Einfluss jeder geologischen Veränderung der Küstenländer und des Meeresspiegels. Rascher Wechsel der Sedimente, häufige Veränderung des Salzgehaltes durch einströmende Flüsse, ein Wechsel in der Ernährung und Belichtung des Wassers, beeinflussen die dort lebende Flora und Fauna. Die Flachsee ist meist vom Tageslicht vollkommen erleuchtet, infolgedessen ist sie das Wohngebiet aller festsitzender Meerespflanzen und aller Thiere, welche von diesen leben. Aber auch die Mehrzahl der festsitzenden Thiere, besonders die Riffkorallen, finden den zu ihrem Gedeihen nöthigen Boden am besten in der Flachsee.

Die Aestuarien oder die Mündungsgebiete der Flüsse beanspruchen eine gesonderte Behandlung, denn sie sind das Thor, durch welches wasserbewohnende Thiere und Pflanzen aus dem Meer in das Festland gelangen. Die viel veränderten Sandbänke und Schlamminseln, bewachsen mit einer eigenartigen Flora; der beständige Wechsel im Salzgehalt des Wassers; das Auftreten salzreicher Lagunen und halbsüßer Gewässer; der Mangel einer Brandung und die Höhe der Gezeiten sind charakteristische Eigenschaften der Aestuarien. Im Gefolge derselben finden wir eine Fauna und Flora, welche von dem Wechsel des Salzgehaltes sehr wenig beeinflusst wird. In Anschluss an die Aestuarien haben wir der Reliktenseen und Binnenseen zuzudenken, insofern sie von marinen Organismen bewohnt werden.

Das offene Meer steht im direkten Gegensatz zu dem Litoral und den Aestuarien, während es manche Charaktere mit der Flachsee gemein hat. Durch kein Flusswasser getrübt, ohne eine andere Begrenzung als Wasser und Luft, mit gleichmässigem Salzgehalt und geringen Temperaturdifferenzen umspannt das Weltmeer die Erde, und wenn nicht die Meeresströmungen wären, so würden die auf denselben

Breitengrad liegenden Gebiete des offenen Meeres vollkommen gleiche Existenzbedingungen darbieten. Eine kosmopolitische Fauna und Flora freischwimmender oder passivtreibender Organismen bewohnt das offene Meer und vollzieht seltsame vertikale Wanderungen durch die übereinanderliegenden Wasserschichten. Grosse Tiefe des Wassers ist charakteristisch für das offene Meer, daher fehlen ihm festsitzende Thiere und Pflanzen und alle diejenigen Thiere, welche harte Panzer und schwere Gehäuse besitzen. Da die oberen Schichten des offenen Meeres zu dem diaphanen Gebiet gehören, so werden die tieferen Regionen von hier aus mit Nahrung versehen.

Die Tiefsee ist der Boden des tiefen Wassers im offenen Meer. Eintönigkeit und Unveränderlichkeit aller Existenzbedingungen über weite Strecken ist die vornehmste Eigenschaft der Tiefsee. Die Charaktere der Sedimente bleiben sich über grosse Flächen vollkommen gleich. Die Temperatur schwankt nirgends, eine etwa vorhandene Wasserbewegung ist unmerkbar langsam. Strömungen fehlen vollkommen und die Klimazonen, welche die oberen Schichten des offenen Meeres in ihrer Temperatur und der Richtung ihrer Strömungen beeinflussen, existiren für die Tiefsee nicht. Da die Tiefsee aphotisch ist, so fehlen ihr alle assimilirenden Pflanzen, und muss sie von der diaphanen Region ernährt werden. Die Thierwelt der Tiefsee ist vom Pol bis zum Aequator und längs der Breitengrade von überaus ähnlicher Zusammensetzung; stockbildende Thiere sind selten, Mollusken treten zurück.

Die Archipele bieten eine seltsame Verbindung von Land und Meer, von Litoral und Flachsee, von offenem Meer und Tiefsee dar. Nahe an einander gerückt sind die mannichfaltigen Existenzbedingungen der Flachsee mit der Eintönigkeit der Tiefsee. Süsswasserorganismen leben nahe bei den Bewohnern des offenen Meeres. Während die Basis der Inseln sich mit geringem Neigungswinkel aus der umgebenden Tiefsee erhebt, wird die Böschung nach oben hin steiler, der vorher weiche Boden wird felsig, und aus der aphotischen Region gelangen wir in das Gebiet der assimilirenden Pflanzen, der festsitzenden Thierstöcke, ja sogar des Festlandes und des Süsswassers. Die Reste von Landthieren mischen sich am Meeresgrunde mit den Skeletten von Tiefseethieren, und die Bewohner des offenen Meeres mit den Blättern von Landpflanzen, so dass eine grosse Fülle heterogener Lebenserscheinungen in den Archipelen vereint auftritt und hier der Uebergang von einem Lebensbezirk in den anderen am leichtesten erfolgen konnte.

Es wird unsere künftige Aufgabe sein, die hier kurz besprochenen Lebensbezirke des Meeres in besonderen Abschnitten ausführlich zu behandeln, mit grösserer Vollständigkeit und speziellen Belegen ihre bionomischen Charaktere zu schildern, und die Beziehungen bestimmter Floren und Faunen zu bestimmten äusseren Umständen näher ins Auge zu fassen.

3. Die Organismen des Meeres.

Pflanze und Thier sind in ihren festländischen Vertretern so leicht zu unterscheiden, dass man nur selten im Zweifel sein kann, welcher von beiden Gruppen ein bestimmtes Wesen zuzuordnen ist. Die freie Beweglichkeit, der gedrungene Bau der landbewohnenden Thiere lässt diese von den festgewachsenen, vielverzweigten Pflanzen so leicht unterscheiden, dass nur ein sorgfältiges Studium die gemeinsamen Eigenthümlichkeiten beider erkennbar macht.

Dagegen sind die thierischen und pflanzlichen Bewohner des Meeres nach jenen äusserlichen Merkmalen nur schwer zu unterscheiden. Die Spongien, Hydroiden, Korallen, Ascidien sind häufig so pflanzenähnlich, und andererseits sind viele mikroskopische Algen so übereinstimmend mit den niederen Thieren, dass jene auf dem Festland gültigen Gegensätze sich überall verwischen. Selbst das Vorkommen von Chlorophyll ist keineswegs auf die Meerespflanzen beschränkt und viele Meeresthiere gehören in das Reich der assimilirenden Organismen. Auch von dem Standpunkt der allgemeinen Chorologie und Bionomie treten die morphologischen Unterschiede zwischen Meerespflanzen und Meeresthieren zurück, und dafür treten andere Verhältnisse in den Vordergrund.

Wir folgen HAECKEL¹⁾, indem wir hier die Gliederung der Organismen nach bionomischen Charakteren auseinandersetzen:

Die Gesamtheit der marinen Fauna und Flora bezeichnet man als Halobios, diesem steht gegenüber das Reich der Süßwasserorganismen als Limnobios, und die Organismen des Festlandes als Geobios. Der Halobios ist wahrscheinlich der Ursprung aller irdischen Lebewesen, aus ihm haben sich die Bewohner der Flüsse und Seen, sowie die Pflanzen und Thiere des Festlandes im Laufe der geologischen Vergangenheit entwickelt. Nach der Art der Lebensweise und nach den Anpassungen an bestimmte äussere Existenzbedingungen können wir den Halobios in drei verschiedene Gruppen eintheilen, welche zwar durch viele Uebergänge verknüpft sind, dennoch in bionomischer Hinsicht verschiedene Typen darstellen, nämlich: das Benthos, das Nekton und das Plankton.

1) HAECKEL, Planktonstudien. Jena 1890, S. 18 f.

Das Benthos umfasst alle Thiere und Pflanzen, welche sich am Meeresboden aufhalten, hier entweder festsitzen und angewachsen sind (sessiles Benthos), oder laufen und kriechen (vagiles Benthos).

Zu dem sessilen Benthos gehören die meisten grünen Meeressalgen, viele Diatomeen, alle Florideen, alle Tange und Seegräser. Nur das *Sargassum* und einige verwandte Tange gehören in späteren Stadien ihrer Entwicklung dem Plankton an. Die festsitzenden Meeressalgen haben kein Organ, welches der Wurzel der landbewohnenden Pflanzen entspricht, denn sie sind allseitig von einer Nährflüssigkeit umgeben, aus der sie mit ihrer gesamten Körperoberfläche die zu ihrem Gedeihen nöthigen Stoffe entnehmen können. Ihre sogenannte Wurzel ist bloss ein Haftorgan, mit Hilfe dessen sie sich auf Steinen oder in Sand- und Schlamm Boden festklammern. In der Regel besteht die auf diesem Haftorgan sitzende Pflanze aus vielfach zerschlitzten Blättern, welche der Wasserbewegung keinen grossen Widerstand entgegenzusetzen; oder das Pflanzengewebe hat ein knorpeliges Gefüge, so dass es mechanischen Angriffen gegenüber sehr widerstandsfähig ist.

Auch im Thierreich ist die festsitzende Lebensweise weit verbreitet. Festsitzende Formen kennt man bei Foraminiferen, Infusorien, Spongien, Hydroiden, Medusen, Korallen, Crinoiden, Würmern, Brachiopoden, Bryozoen, Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, Cirrhipedien und Tunicaten.

Die Spongien, Hydroiden, Korallen, Crinoiden, Brachiopoden, Bryozoen, Cirrhipedien führen sogar fast ausnahmslos eine festsitzende Lebensweise.

Zwar ist das sessile Benthos am Strand und in der Flachsee weit verbreitet, allein auch die Tiefsee wird von festsitzenden Thieren bewohnt; und wenn wir bedenken, dass *Lepas* sich mit Vorliebe auf treibendem Holz und Bimstein ansiedelt, so finden wir sogar festsitzende Thiere als Bewohner des offenen Meeres.

Es ist ¹⁾ eine bemerkenswerthe Thatsache, dass auf dem Festland, dem Reich der festgewachsenen Pflanzen, kein einziges festsitzendes Thier gefunden wird, sofern wir hier von den parasitisch lebenden Thieren absehen. Dagegen ist die festsitzende Lebensweise bei den Meeresthieren der verschiedensten Klassen so häufig und constant, dass man diese Einrichtung als eine nothwendige Erscheinung im Haushalt des Meeres betrachten muss.

In der Mehrzahl der Fälle kann man zeigen, dass die sessile Lebensweise eine später erworbene ist, und dass man die festsitzenden Thiere von freilebenden Formen ableiten muss; unter diesen Umständen ist die besprochene Erscheinung um so bemerkenswerther.

Die festsitzende Lebensweise gewährt den Thieren in erster Linie Schutz gegen die Wasserbewegung, dann aber einen Schutz gegen die Nachtstellungen ihrer Feinde. Die Augen der niederen Thiere sind wohl im Stande Bewegungen wahrzunehmen, aber meist unfähig Formen zu unterscheiden. Infolgedessen sind alle festsitzenden Thiere, sofern sie nicht durch ihre Farbe oder ihren Geruch auffallen, gegen Nachtstellungen gut geschützt.

1) A. LANG, Ueber den Einfluss der festsitzenden Lebensweise auf die Thiere. Jena 1888.

Walther, Einleitung in die Geologie.

Die festsitzende Lebensweise stellt keine hohen Anforderungen an die Organisation, und ermöglicht einen geringen Stoffwechsel. Mit dem Aufgeben der aktiven Ortsbewegung verkümmern die Bewegungsorgane, oder werden in Organe der Nahrungsergreifung und der Athmung umgewandelt. Die Augen werden unnütz, verkümmern, oder fehlen auch ganz, dagegen werden Tastorgane in reicher Zahl und Ausbildung entwickelt.

Das Nervensystem lässt in vielen Fällen eine Rückbildung erkennen, aber bei den Crinoiden ist es viel höher entwickelt wie bei den freilebenden Echinodermen.

Zum Auffangen der Nahrung bildet sich ein Sammelapparat aus, der oft die Form eines Trichters besitzt und aus einem Kranz von gefiederten Tentakeln besteht, welche durch feine Flimmerhaare die Nahrungsbestandtheile nach dem am Grunde des Trichters gelegenen Munde führen.

Als Organe der Befestigung dienen Stiele, Haftscheiben, Wurzel- ausläufer, Röhren, Schalen. Im Zusammenhang damit steht es, dass die Sinnesorgane, die Greiforgane und Kiemenanhänge an das freie Körperende rücken. Der After fehlt in manchen Fällen, oder er rückt ebenfalls an das freie Ende des festgewachsenen Körpers.

Zu dem sessilen Benthos müssen wir auch die bohrenden Spongien, Würmer, Muscheln, Seeigel und Krebse rechnen, welche sich dadurch befestigen, dass sie ihren Körper in selbstgebildete Höhlen im Felsen oder in die Hartgebilde anderer Thiere einsenken.

Begattungsorgane fehlen meist, auch ist in manchen Fällen ein, wie es scheint secundär erworbener Hermaphroditismus vorhanden. Sonst kommt sowohl Diöcie wie Monöcie vor. Sehr gross ist das Regenerationsvermögen der festsitzenden Thiere, und in Zusammenhang damit steht das häufige Auftreten von Knospung und Stockbildung.

Die Korallen und Crinoiden zeigen einen ausgesprochenen radialen Bau, der auch bei manchen Spongien und in der Anordnung zusammengesetzter Ascidien auftritt.

Das vagile Benthos umfasst nur Thiere, während das Pflanzenreich in ihm nicht vertreten ist. Wenn wir absehen von gewissen Spongien und Korallen, welche nicht festgewachsen sind, und durch jede Welle am Meeresboden weitergerollt werden, so sind bei dem vagilen Benthos stets Bewegungsorgane vorhanden.

Die Thätigkeit¹⁾ der Bewegung ist nicht bloss die allerwichtigste des thierischen Lebens, sondern auch die allerschwierigste, was wir schon daraus erschliessen dürfen, dass keiner anderen Funktion eine so grosse Anzahl von Organen und ein solcher umfangreicher Theil der Körpermasse gewidmet ist. Es gilt die Trägheit des eigenen Körpers durch eigene Kraft zu überwinden; und dazu bedarf es nicht bloss einer passenden Anordnung der lokomotiven Apparate, sondern auch einer möglichst vortheilhaften Vertheilung der Körpermasse. Die bewegungslosen Pflanzen, ebenso wie viele festsitzende Thiere bilden einen vielverästelten Körper, der eine sehr grosse Oberfläche besitzt, und dessen Organe vielfach als Anhänge und Ausstülpungen des Körpers

1) BERGMANN und LEUCKART, Vergleichende Anatomie und Physiologie. Stuttgart 1855, S. 391.

erscheinen. Bei dem vagilen Benthos ist der Körper von gedrungener Form, und seine Körperanhänge dienen wesentlich der Ortsbewegung.

Der einfachste Fall der Ortsbewegung besteht darin, dass der Körper auf seiner Unterlage dahingleitet. So fliessen die Pseudopodien der Protozoen von einer Stelle zur andern, während Plattwürmer und Schnecken durch peristaltische Muskelkontraktion ihrer breiten Fusssohle gleiten. Bei Anneliden wird der Körper durch abwechselnde Krümmung und Streckung bewegt, die Parapodien und Borsten dienen dazu, den sich schlängelnden Körper auf der Unterlage zu befestigen. Andere Thiere kriechen, indem sie Körperanhänge, welche mit Saugnäpfen oder Klammerorganen versehen sind, an Fremdkörpern befestigen, und dann den ganzen Körper nachziehen; so gewisse Würmer, Cephalopoden und die Echinodermen. Die langen Stacheln der Seeigel dienen ebenso als Beine wie die gegliederten Füsse der Krebse.

Bei allen kriechenden oder laufenden Thieren, mit Ausnahme vieler Echinodermen, kann man eine bilateralsymmetrische Körperform nachweisen, und selbst die Mehrzahl der geologisch jüngeren Seeigel zeigt diese bilaterale Anordnung der äusseren und inneren Organe.

Der radiäre Bau des Körpers hat mit der allseitigen Vertheilung der Bewegungsorgane eine Zersplitterung der lokomotiven Kräfte zur Folge, die auf die Schnelligkeit der Ortsbewegung nicht ohne Einfluss bleibt. Deshalb finden wir, dass die streng bilateralsymmetrischen Thiere sich meist rascher bewegen als radiär oder kugelig gebaute Wesen. Der Vorderabschnitt, welcher bei der Bewegung vorangeht, wird zum Kopf; hier erreicht das Nervensystem, die Sinnesorgane und der Apparat zur Ergreifung der Nahrung ihre höchste Ausbildung.

Mit der schnelleren Bewegung stellen sich komplizirtere Sinnesorgane ein und im allgemeinen finden wir bei den vagil benthonischen Formen eine höhere Stufe der Organisation als bei ihren sessilen Verwandten.

Während also in der Regel das Vorderende des Körpers als Kopf mit Sinnesorganen und Fresswerkzeugen versehen ist, können wir ein Hinterende mit dem After und oft auch mit der Mündung der Geschlechtsdrüsen erkennen. Auch die Bauchseite kann gewöhnlich deutlich von dem Rücken unterschieden werden.

Stockbildung fehlt, auch innere Stützorgane erreichen nur geringe Ausbildung, dagegen ist der Körper oftmals mit äusseren Panzern und Schalen versehen.

Obwohl das vagile Benthos aktive Bewegungen ausführen kann, so ist doch das Ausmass solcher Ortsveränderungen ein relativ geringes. Das Benthos, selbst das vagile, zeigt so viele Anpassungserscheinungen an die äusseren Lebensbedingungen des Untergrundes, der Wasserbewegung, des Pflanzenwuchses, dass sowohl das sessile wie das vagile Benthos lokale, engumgrenzte Bezirke bewohnt.

Nach der Art seines Vorkommens kann man das litorale Benthos der Flachsee, von dem abyssalen Benthos der Tiefsee unterscheiden.

Das litorale Benthos der Flachsee umfasst alle benthonischen Pflanzen, denn nur in der diaphanen Region der geringen Wassertiefen vermögen festsitzende Pflanzen zu assimiliren und zu leben.

Infolgedessen gehören alle pflanzenfressenden Benthosthiere ebenfalls zum Gebiet der Flachsee. Auch eine grosse Zahl von Fleisch- und Schlammfressern sind durch ihre Lebensweise und Nahrung auf diese Region angewiesen, obwohl solche Formen natürlich auch in der Tiefsee leben können.

Das abyssale Benthos umfasst die eigentlichen Bewohner der Tiefsee, nämlich alle diejenigen Meeresthiere, welche am Boden des tiefen Wassers leben und gedeihen. Das Pflanzenreich ist dem abyssalen Benthos fremd, infolgedessen fehlen hier auch alle Pflanzenfresser. Viele Tiefseethiere bewohnen diese Region, weil sie hier jene unveränderliche Temperatur finden, die sie zu ihrem Gedeihen brauchen; andere schätzen den modererfüllten Tiefseeschlamm als Nahrungsmittel so hoch, dass sie deshalb von der Flachsee tief hinabsteigen; nur wenige Thiere zeigen besondere Anpassungserscheinungen an den hohen Druck, welcher dort herrscht.

Nahe verwandt mit dem vagilen Benthos, und durch viele Uebergänge mit ihm verbunden, ist das Nekton. Es umfasst solche Thiere, welche im offenen Meere leben und deren Bewegungsorgane kräftig genug sind, um selbst gegen den Strom zu schwimmen. Die Krebse, Cephalopoden und Fische, welche man als Nekton bezeichnen muss, besitzen in der Regel einen kielförmig gebauten Körper, dessen Gestalt einen möglichst geringen Widerstand gegen eine lineare Vorwärtsbewegung darbietet. Mit Hilfe ihrer kräftigen Muskulatur sind sie im Stande, sich rasch vorwärts oder rückwärts zu schnellen, und manche Fische können sogar ihre Flossen zu einem Fallschirm ausbreiten, welcher es ihnen ermöglicht, selbst ausser Wasser sich eine Strecke fortzubewegen. Welche Vortheile die „Fischgestalt“ mit ihrem langen Körper, und der im Schwanze concentrirten Muskulatur darbietet, das erkennt man am besten aus der Form der Säugethiere, welche sich an das Leben im Wasser angepasst haben und in ihrem äusseren Habitus den Fischen sehr ähnlich geworden sind.

Eine scharfe Trennung zwischen Nekton und vagilem Benthos ist ebenso wenig möglich, wie zwischen jenem und dem Plankton, welches diejenigen Pflanzen und Thiere begreift, die passiv im Meere treibend leben, und in ihrer Organisation die mannichfaltigsten Anpassungserscheinungen an ihr Lebenselement erkennen lassen. Plankton und Benthos scheinen Gegensätze darzustellen und doch sind sie durch die verschiedenartigsten Fäden mit einander verknüpft. Die meisten festsitzenden Thiere und Pflanzen entwickeln sich aus freischwimmenden Jugendformen. Die Schwärmsporen der Algen und Tange treiben sich mit Hilfe zarter Wimperfäden im Wasser umher, ehe sie sich am Boden festsetzen. Die befruchteten Eier der festsitzenden Korallen, Bryozoen, Aktinien sind planktonisch und entwickeln sich frei im Meere. Die Jugendformen der Echinodermen, die sog. Astrolarven, gehören lange Zeit dem Plankton an, ehe sie benthonisch werden, und die Larve von *Antedon* ist erst planktonisch, dann setzt sie sich fest und wird sessiles Benthos, darauf löst sie sich wieder von ihrem Stiel ab, um dem vagilen Benthos anzugehören oder sogar als nektonisch mit ihren Armen in eleganten Ruderbewegungen im Wasser umher zu schwimmen.

Die Pflanzen des Plankton sind einzellige grüne, blaue, rothe oder gelbe Algenzellen oder mehrzellige Fadenbündel, welche zum

Theil ziemlich kosmopolitisch überall verbreitet sind, zum Theil wieder ganz sporadisch in grossen Schwärmen auftreten. So wurde von der deutschen Planktonexpedition kein einziges Exemplar von *Pyrocystis noctiluca* gefangen, während die Challengerexpedition diese Form in ungeheurer Menge antraf. *Trichodesmium erythracum* erscheint zu gewissen Zeiten in solchen Mengen an der Meeresoberfläche, dass dieselbe eine röthliche Farbe erhält, während es zu andern Zeiten sehr selten ist. Zwar besitzen manche Planktonalgen zarte Wimpern oder Geisselfäden, mit Hilfe deren sie sich aktiv zu bewegen vermögen, allein eines wirklichen Ortswechsels von einem Meer zum andern sind sie aktiv nicht fähig; sie werden nur durch Meeresströmungen passiv weitergetrieben.

HAECKEL zählt 9 verschiedene Gruppen¹⁾ auf: die Chromaceen (*Procytella primordialis*), Calcoeyteen (Coccosphaeren, Coccolithen, Rhabdosphaeren), die Murracyteen (*Pyrocystis noctiluca*), die Diatomeen, die Xanthellen, die Dictyochen (früher für Radiolarien gehalten), die den Infusorien nahestehenden Peridineen, die Halosphaeren und die Oscillatorien (*Trichodesmium erythracum*). Diese niedrig stehenden Algen sind für den Stoffwechsel des Meeres von der allergrössten Bedeutung, denn sie liefern den weitaus grössten Theil der Ernährung. Die ungeheuren Massen von Nahrung, welche die unzähligen Schaaren der schwimmenden Seethiere täglich verzehren, stammen zum grössten Theil direkt oder indirekt aus der Planktonflora.

Zum Plankton gehört endlich auch *Sargassum vulgare*, das bekannte Golfkraut, welches, durch Stürme von den mittellamerikanischen Küsten losgerissen, Monate lang im Meere treibt und weiter vegetirt, und das man daher besser als Pseudoplankton²⁾ bezeichnet.

Die Thiere des Plankton, der Auftrieb, oder die pelagische Thierwelt ist durch viele Anpassungserscheinungen an die Lebensweise im offenen Meer vortrefflich angepasst. Der Körper ist meist glashell durchsichtig, die Gewebe enthalten bis zu 98 % Wasser, und besitzen fast dasselbe spezifische Gewicht wie das sie umgebende Element. Hydrostatische Apparate erleichtern das passive Schwimmen und ermöglichen es den Plankthieren, vertikal auf- und niederzusteigen. Skelette sind nur bei den kleineren Formen entwickelt, und gewöhnlich so geformt, dass sie bei grosser Fläche eine sehr geringe Masse enthalten, und hierdurch die Reibungswiderstände im Wasser vermehren.

Das Plankton ist an der Oberfläche sowohl der Küstengebiete wie des offenen Ozeans verbreitet. Das neritische Plankton umfasst die schwimmende Flora und Fauna der Küstenregionen an Kontinenten, Archipelen und Inseln. Dasselbe ist in seiner Zusammensetzung von dem ozeanischen Plankton wesentlich verschieden und sowohl quantitativ wie qualitativ reicher. Denn längs der Küsten entwickeln sich, zum Theil unter dem Schutze des litoralen Bios oder in genetischem Zusammenhang mit ihm, zahlreiche schwimmende Thier- und Pflanzenformen, welche im offenen Ozean entweder überhaupt nicht vorkommen oder doch rasch zu Grunde gehen. Dagegen können die

1) Abbildungen dieser verschiedenen Formen findet man zusammengestellt in: WALTHER, Allgemeine Meereskunde. Leipzig. Weber 1893.

2) SCHUETT, Das Pflanzenleben der Hochsee.

Thiere des ozeanischen Plankton durch Strömungen und Stürme an die Küsten getrieben werden und sich dort mit dem neritischen Plankton mischen. Schon aus diesem Grunde ist der Reichthum der neritischen Gattungen und Arten ein viel grösserer als derjenige des ozeanischen Plankton.

Als pelagisches Plankton bezeichnen wir die Bewohner der Meeresoberfläche. Dasselbe ist dadurch ausgezeichnet, dass es unter bestimmten Bedingungen beträchtliche vertikale Wanderungen auszuführen vermag. Im allgemeinen hält sich das pelagische Plankton am Tage in einiger Meerestiefe auf, welche bis 200 m betragen kann. Nachts bevölkert sich die Meeresfläche rasch mit diesen Bewohnern der tieferen Wasserschichten, und es entsteht jener grosse Reichthum des nächtlich leuchtenden Planktons.

Ueber dem Boden der Tiefsee schwebt das wesentlich ärmere bathybische Plankton. Hierher gehören viele Phäodarien, einige Medusen und Siphonophoren, viele Krebse und manche Larven des abyssalen Benthos. Nach den Beobachtungen von A. AGASSIZ schwebt das bathybische Plankton nur bis 100 m über dem Meeresboden.

Zwischen pelagischem und bathybischem Plankton finden wir das zonarische Plankton eingeschaltet, dessen Fauna noch nicht genügend bekannt ist.

Mit Rücksicht auf die Lebensgeschichte der einzelnen Organismen müssen wir holoplanktonische Wesen von meroplanktonischen Thieren und Pflanzen unterscheiden, eine Eintheilung, welche am besten aus der unten folgenden Liste beurtheilt werden kann.

Was endlich die Zusammensetzung und Vertheilung des Plankton im Meere betrifft, so unterscheiden wir¹⁾ monotonen, prävalentes, polymiktes und pantomiktes Plankton.

Das monotone Plankton besteht zu $\frac{9}{10}$ des Volumens aus einer Pflanzen- oder Thierform. Von 404 verschiedenen Planktonfängen, welche Kapitän HENDORFF in fast allen Ozeanen gesammelt hat, waren 152 Fänge monoton.

Das prävalente Plankton besteht mindestens zur Hälfte aus einer Form und kam 178mal vor.

Auf der folgenden Tabelle sind die monotonen und prävalenten Fänge nach der Art ihrer Zusammensetzung aufgezählt; bemerkenswerth ist das Ueberwiegen der Krebse, welche 159mal den Charakter des Plankton bestimmen, dann folgen die Radiolarien mit 74 Fängen, Cnidarien mit 25, Sagitten und Oscillarien mit 20, Salpen mit 16 Fängen.

Bei dem polymikten Plankton, das in 53 Fängen vorkam, überwiegen meist die Copepoden und anderen Krebse, dann folgen der Zahl nach die Sagitten, Salpen, Radiolarien und Cnidarien.

Das pantomikte Plankton ist äusserst bunt aus allen den verschiedenen Pflanzen und Thieren zusammengesetzt, so dass keine Form numerisch überwiegt; es wurde in 21 Fängen beobachtet.

1) HAECKEL, Planktoncomposition. Jen. Zeitschrift für Naturw. 1892. Bd. XXVII.

Leitformen des Plankton:	monoton	prävalent
Diatomeen	5	2
Halosphaeren	1	—
Oscillarien	9	11
Noctiluca	—	1
Globigerina	—	1
Radiolarien	21	53
Cnidarien (Medusen und Siphonoph.)	8	17
Echinodermenlarven	2	1
Sagitta	3	17
versch. Crustaceen	35	49
Schizopoden	5	1
Copepoden	57	10
Pteropoden	1	—
Salpen	4	12
Copelaten	1	—
Fische und Fischeier	—	2
	152	178

Um ein vergleichendes Bild der Lebensweise der verschiedenen Meeresorganismen zu geben, habe ich auf der folgenden Liste mit P. das planktonische, mit B. das benthonische und mit N. das nektonische Leben bezeichnet. Die grossen Buchstaben geben den bionomischen Charakter der überwiegenden Mehrzahl der betreffenden Thiergruppe wieder, während Ausnahmen mit kleinen Buchstaben p. b. n. bezeichnet wurden:

Pflanzen

ausser den genannten Planktonalgen:

	Jugendform	Erwachsene Form
Grünalgen	—	B.
Florideen	—	B.
Tange	—	B. p.
Seegräser	—	B.

Thiere:

	Jugendform	Erwachsene Form
Infusorien	—	B. P.
Foraminiferen	—	B. P.
Radiolarien	—	P.
Spongien	P.	B.
Medusen	B. p.	P. b.

	Jugendform	Erwachsene Form
Siphonophoren	P.	P.
Ctenophoren	P.	P.
Chaetognathen	P.	P.
Turbellarien	P.	B.
Anneliden	P.	B. P.
Rotatorien	P.	B. P.
Brachiopoden	P.	B.
Bryozoen	P.	B.
Muscheln	P.	B. n.
Schnecken	P.	B. p.
Pteropoden	P.	P.
Cephalopoden	P.	B. N. p.
Heteropoden	P.	P.
Crinoiden	P. (B.)	B. n.
Asteriden	P. b.	B.
Ophiuriden	P. b.	B. n.
Echiniden	P. b.	B.
Holothurien	P.	B. n.
Krebse	P. B.	P. B. N.
Insekten	p.	p.
Tunikaten	P.	P. B.
Fische	P.	P. B. N.
Reptilien	—	P. N.
Säugethiere	—	N.

4. Die Facies des Meeresbodens.

Mit dem Worte Facies bezeichnet man die unterscheidenden Merkmale gleichzeitig gebildeter Gesteine, wenn es sich um die Diagnose verschiedener Felsarten handelt. So nennt man die porphyrisch erstarrten Abarten eines vulkanischen Gesteins: eine Porphyrfacies, die glasigen Varietäten: Glasfacies, die in Gangform auftretenden: Gangfacies. Wenn man gleichzeitig gebildete Sedimentgesteine miteinander vergleicht, so spricht man von einer: Kalkfacies, Mergelfacies, Geröllfacies, Sandsteinfacies. Oder aber man benennt die Facies nach den äusseren Umständen ihrer Bildung als: Süsswasserfacies, Meeresfacies, Strandfacies, Tiefseefacies. Endlich unterscheidet man gleichzeitig gebildete Gesteine von ähnlicher petrographischer Beschaffenheit, aber verschiedenem Fossilgehalt als: Ammonitenfacies, Korallenfacies, Schwammfacies.

Das gemeinsame zweier, als Facies unterschiedener, Gesteine ist die Gleichzeitigkeit ihrer Bildung, und da die Faciesunterschiede durch verschiedene äussere Umstände erzeugt worden sein müssen, so spielen bei der Faciesbezeichnung die Umstände der Bildung eines Gesteins eine hervorragende Rolle, so dass man ¹⁾ Facies im übertragenen Sinne: die Wechselbeziehungen zwischen den äusseren Bedingungen einerseits, und dem Gesteinsmaterial und den Wohnsitzen von Organismen andererseits, genannt hat.

Diese Definition leitet uns über zu dem engeren Sinne, in welchem wir hier das Wort Facies gebrauchen wollen. Wir verstehen darunter: die physikalischen Eigenschaften des Meeresbodens, welche die Vertheilung der Organismen im Meere regeln.

Lange bevor die Botaniker und Zoologen untersucht hatten, welchen Einfluss die Facies des Meeresgrundes auf die lokale Vertheilung der Flora und Fauna habe, erkannten die Geologen, dass man bestimmte Versteinerungen häufig in bestimmten Gesteinen finde, während man in anderen Felsarten vergeblich nach ihnen sucht.

1669 veröffentlichte STENON ²⁾ sein Buch „De solido intra solidam naturaliter contento“, in welchem das Wort „Sediment“ zum erstenmal für marine Gesteine gebraucht wurde, und wo er in Toskana sechs verschiedene geologische Ablagerungen, als „sex distinctae Etruriae

1) E. VON MOJSISOVICS, Die Dolomitriffe von Südtirol. Wien 1879, S. 5.

2) B. VON COTTA, Beiträge zur Geschichte der Geologie. Leipzig 1877.

tacies ex praesenti facie Etruriae collecta“ unterschied. 1695 unterschied WOODWARD die gleichzeitig (während der Sintfluth!) gebildeten Strandgesteine von den Ablagerungen des tieferen Meeres.

1773 unterschied FUECHSEL die verschiedenen gleichzeitigen Gesteine in der Formationsreihe Deutschlands. Aber erst GRESSLY¹⁾ definierte die Facies als bionomische Einheit: das Wesen einer Facies besteht darin, dass in bestimmten Gesteinen eine bestimmte fossile Fauna enthalten ist und überall auftritt, wo sich das betreffende Gestein findet, während jene Fauna in anderen gleichzeitigen Gesteinen fehlt.

Hier wird also schon mit klaren Worten das gesagt, was wir, auf die Gegenwart übertragen, als Facies hier bezeichnen wollen, nämlich: die Charaktere des Sedimentes, welche die Vertheilung der Organismen bestimmen.

Die benthonischen Organismen des Meeres, mögen sie festgewachsen sein, oder am Boden umherkriechen und laufen, ja sogar viele schwimmende Thiere des Nekton zeigen eine überaus bemerkenswerthe Abhängigkeit von den physikalischen Verhältnissen des Untergrundes und ihrer Umgebung. Ob der Meeresboden felsig und fest, oder sandig und verschiebbar ist, ob er aus grobem Geröll oder aus feinem Schlamm besteht, das prägt sich in der Zusammensetzung seiner Flora und Fauna deutlich aus, und bestimmte Pflanzen und Thiere kann man geradezu als Leitformen für bestimmte Eigenschaften des Meeresbodens ansehen.

Betrachten wir zuerst die benthonische Flora des Meeres, so erkennen²⁾ wir, dass der Meeresgrund keineswegs überall mit Algen bewachsen ist, und dass die Ausdehnung vegetationsloser Wüsten auf dem Meeresgrund viel grösser ist als auf dem Festland.

Vegetationslos ist die gesammte aphotische Region. Und wenn man bedenkt, dass mehr als die Hälfte der Erdoberfläche Tiefseeboden ist, so kann man die Seltenheit pflanzenbewachsenen Meeresbodens ermes sen.

Alle herbivoren Thiere, sofern sie nicht von planktonischen Pflanzen leben, sind mithin auf diese engbegrenzten Regionen beschränkt, und da wiederum viele kriechende und schwimmende Thiere von diesen Pflanzenfressern leben, so ist auch ihrer Verbreitung durch die Verbreitung des Lichtes ein Ziel gesetzt.

Die Region³⁾ des Seegrases, *Zostera marina*, reicht im Kieler Hafen und den benachbarten Küstenstrecken nur so weit, als das Sediment sandig ist. In 11 m beginnt der Sand zurückzutreten und geht in einen schwarzen Schlamm über; hier verschwinden die Seegräser und mit ihnen die *Rissoia labiosa* und *Cardium fasciatum*.

In der Ostsee⁴⁾ ist mit Algen bewachsen: die Litoralregion und sandiger, kiesiger, geröllreicher Boden; der Schlamm ist vollkommen pflanzenlos. Ganz anders liegen die Verhältnisse in der Nordsee. Während in der Ostsee durch den Mangel stärkerer Brandung und den

1) GRESSLY, Observations sur le Jura Soleurois. S. 11.

2) COHN, Abh. d. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur, 1868, S. 41.

3) MEYER und MOEBIUS, Fauna der Kieler Bucht. S. 14.

4) REINKE, Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1889, S. 368.

Mangel der Gezeiten ein sandiger, kiesiger Untergrund unbeweglich und unverschiebbar ist, wird der Boden der Nordsee durch hohe Wellen und durch eine ausgiebige Fluth bis in seine Tiefen bewegt. Infolgedessen ist die gesammte Fläche der deutschen Bucht in der Nordsee, selbst wo sie Sandboden hat oder mit groben Blöcken besäet ist, vollkommen vegetationslos, und nur die felsige Umgebung von Helgoland bildet eine pflanzenreiche Oase.

Dass¹⁾ die Bodenbeschaffenheit in hohem Maasse bestimmend für das Vorkommen und den Charakter der benthonischen Algenvegetation ist, drängt sich schon beim ersten Blick auf die Vegetation einer mannichfach gestalteten Küste auf. Und doch ist diese Beziehung eine rein äusserliche, denn nur die physikalische Beschaffenheit des Substrates giebt hierbei den Ausschlag. Der Vergleich zwischen Ostsee und Nordsee lehrt zudem, dass nicht allein die Korngrösse des Sediments hierbei bestimmend wirkt, sondern dass die Intensität der Wasserbewegung auch eine Rolle spielt.

Es kommt den Algen nur auf einen festen Halt an; wo und wie sie denselben finden, ist ihnen gleichgiltig. Daher ist ihnen im Allgemeinen jedes Substrat recht; eine Thatsache, welche sich bei den raschlebenden kleineren Formen unwiderstehlich aufdrängen muss.

Die Keimsporen der Meeresalgen flottiren meist eine Zeit lang frei im Wasser umher. In dieser Zeit ihrer Entwicklung, während des planktonischen Lebens, ist ihre Verbreitung ausschliesslich von der Richtung und Erstreckung der Wasserströmungen abhängig.

Die Spore setzt sich am Meeresboden fest und wächst zum Keimling heran; in diesem Stadium der Entwicklung entscheidet es sich, ob ein Boden vegetationsreich oder pflanzenleer sein soll. Die Keimlinge siedeln sich ohne Unterschied auf lebenden oder toten Körpern, auf beweglichem oder unverschiebbarem Substrat an. Nicht von den Algen geht die Wahl des Wohnsitzes aus, sondern von den physikalischen Bedingungen der Umgebung wird die Begrenzung der Algenvegetation durch Auslese bestimmt.

Im Golf von Neapel sind sandige Küstenstriche im Bereich des Wellenschlages vegetationslos; ebenso tragen aber auch die weichen Tufffelsen im Bereich der Brandung keine Vegetation, weil sie von denselben zu rasch abgewaschen werden. An geschützten Oertlichkeiten schon im Meeresniveau, sonst erst einige Meter tief beginnend, findet man *Posidonia oceanica* auf Sandboden, *Phucagrostis*, *Caulerpa*, *Gracilaria* aber auf Schlamm dichte Rasen bildend. *Caulerpa* findet man auf sandigem Boden noch 15 m tief, während *Posidonia* bis 100 m vereinzelt beobachtet wurde. Auch die in grösseren Tiefen lebenden Kalkalgen findet man nie auf schlammigem Boden, da sie hier bald im Schlamm versinken und ersticken würden. Sie leben entweder auf dem Sand geringer und grösserer Tiefen oder auf den Posidoniawiesen der tieferen Meeresgründe.

Indirekt beeinflusst die Beschaffenheit des Sedimentes die Vertheilung der Algen dadurch, dass schlammiger Boden selbst in geringer Wassertiefe das Wasser so trübt, dass die Schattenpflanzen der tieferen Region hier bis nahe an die Oberfläche des Meeres heraufsteigen.

1) BERTHOLD, Mitth. Zool. Stat. zu Neapel 1882, S. 431.

Die Zerklüftung eines Gesteines ist endlich auch von grosser Bedeutung für den Reichthum seiner Algenvegetation. So beobachtete LEWES¹⁾ an den Scillyinseln, dass der reine Granit fast ebenso schlimm für die Algenvegetation ist, wie reiner Kalkfelsen. Nur wenige Pflanzen wachsen darauf; und wo es wenig Pflanzen giebt, da sammeln sich auch keine Pflanzenfresser und mithin noch weniger die Fleischfresser, die wieder von diesen leben müssen.

Wir haben gesehen, in welcher Weise die Beschaffenheit des Meeresbodens, die Facies des Sedimentes, den Reichthum der Vegetation und indirekt auch die Vertheilung der Meeresfauna beeinflusst; jetzt wollen wir auf diese letztere an der Hand spezieller Beispiele näher eingehen.

Die benthonische Fauna besteht zum Theil aus Pflanzenfressern, zum Theil nährt sie sich von dem Fleisch dieser letzteren. Andere Formen sind genügsame Schlammfresser, aber fast alle zeigen gewisse Beziehungen zu der Facies des Bodens. V. WILLEMOES-SUHM schrieb²⁾ von der Challengerreise: bis zu einem gewissen Grade ist die Beschaffenheit des Bodens dasjenige Moment, welches die Thiere veranlasst, sich an einer bestimmten Stelle niederzulassen, und nicht die Tiefe.

Auch bei der Fauna müssen wir im Auge behalten, dass die Thiere nicht mit Bewusstsein und vorbedacht eine bestimmte Facies aufsuchen oder eine andere meiden. Die Mehrzahl der Meeresthiere schwärmen in früheren Stadien ihrer Entwicklung als meroplanktonische Wesen im offenen Meere umher. Wind und Wellen, Wasserdichte und Strömungen, Schwerkraft und Zirkulation des Wassers führen die Schwärme eben geborener Formen weit über das Meer. Tausende gehen zu Grunde während sie im Wasser dahintreiben, sei es, dass sie räuberischen Thieren zum Opfer fallen, sei es, dass das Wasser sie länger dahinflösst als die Zeitdauer ihrer planktonischen Entwicklung beträgt. Unzählige erreichen zwar den Meeresboden, aber sie finden nicht die für ihre Weiterentwicklung günstigen Faciesbedingungen und müssen sterben; nur wenige gelangen durch Zufall an solche Stellen, wo sie die ihnen zusagenden Existenzbedingungen finden.

Die unendliche Zahl von Eiern und Laich, welche die meisten Meeresthiere produziren, hängt auf das Engste mit diesen Vorgängen zusammen und macht allein das Weiterleben der Art möglich.

Die³⁾ *Rotalia veneta* der Lagunen von Venedig kommt nur wieder in dem Schlammboden der Bucht von Muggia vor. Die bei Ancona auf unterseeischen Kalkfelsen häufige *Polystomella strigillata* fehlt bei Venedig und Triest vollständig. *Nodosaria*, welche im Sand von Rimini häufig ist, sucht man an dem nahen Ancona vergeblich, während *Rotalia Beccheri* beiden Stellen gemeinsam ist. *Pencroplis planatus* ist im Sande der Istrischen Küste von Citta nuova bis Pola gemein, fehlt aber bei Triest, Venedig, Ancona.

Das Schlammgebiet⁴⁾ der Secca di Benda Palumma ist foraminiferenleer, während alle sandigen Sedimente dieses Gebietes Foraminiferen enthalten.

1) LEWES, Naturstudien am Meeresstrand 1859, S. 221.

2) V. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1873.

3) BRADY, D. Acad. d. Wissensch. Wien. Math. Naturw. Cl. XXXIII, S. 196

4) J. WALTHER, Mittheil. zool. Stat. zu Neapel 1888, S. 352.

Interessante und lehrreiche Beispiele für die Bedeutung der Facies bieten die Rifff Korallen. Diejenigen Formen, welche den Charakter der Riffe im Rothen Meer und im Indischen Ozean bestimmen, die *Madrepora corymbosa*, *Porites lutea*, *Pocillopora*, *Coeloria* u. s. w. sind meist so fest auf ihrem Untergrund festgewachsen, dass man sie nur mit Hammer und Meissel abzulösen vermag. Und an den fossilen Korallenriffen der Sinaiküste¹⁾ kann man zeigen, dass sie auf den Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine vorkommen, während weiche und bröckelige Küstengesteine keine Riffkappe beobachten lassen. Während so gewisse Gattungen einen festen Untergrund verlangen und dadurch für die Ansiedelung der Riffe überhaupt eine bestimmende Rolle spielen, gedeihen andere Gattungen an geschützten Gebieten des inneren Riffes auch auf lockerem Sande.

Auf den Riffen von Dar-es-Salaam fand ORTMANN²⁾ folgende Formen auf Felsen und todtten Korallenstöcken aufgewachsen:

<i>Porites lutea</i>	<i>Astracosmilia connata</i>
<i>Porites solida</i>	<i>Echinopora Hemprichi</i>
<i>Madrepora vagabunda</i>	<i>Galaxea fascicularis</i>
<i>Madrepora variabilis</i>	<i>Galaxea ellisi</i>
<i>Madrepora horizontalis</i>	<i>Goniastrea retiformis</i>
Zusammenhängende Bänke im Seegras bildeten:	
<i>Montipora spongiosa</i>	<i>Psammocora obtusangula</i>
	<i>Lophoseris laxa</i> .

Locker im Sande steckend, freiliegend, oder auf Seegras aufgewachsen in einzelnen Stöcken, leben auch die zuletzt genannten 3 Formen, dann:

<i>Psammocora sp.</i>	<i>Porites nodifera</i>
<i>Lophoseris sp.</i>	<i>Cyphastraea chalcidicum</i>
<i>Favia Ehrenbergi</i>	<i>Leptastrea immersa</i>
<i>Pocillopora subacuta</i>	<i>Trachyphyllia Geoffroyi</i>
<i>Siderastrea Savigniana</i>	<i>Diaseris distorta</i>
	<i>Fungia dentigera</i> .

Sowohl die Seegrassbüsche, wie einzelne am Grunde liegende Fremdkörper bieten diesen Arten eine genügend feste Unterlage, solange der Korallenstock klein ist. Wenn aber die Stöcke grösser werden, dann kann ihr Gewicht die Festigkeit des Substrates soweit überwinden, dass sie haltlos von jeder Welle bewegt werden, und ihrer Befestigung verlustig gehen.

THURSTON berichtet³⁾, dass auf *Meleagrina* häufig Korallen wachsen; auf todtten wie lebenden Schalen fand er: *Madrepora*, *Pocillopora*, *Astraea*, *Coeloria*, *Hydnophora*, *Galaxea*.

Ein treffliches Beispiel für die Bedeutung eines festen Untergrundes bei der Ansiedelung von Rifff Korallen bieten die kleinen Korallenriffe der Javasee. SLUTTER⁴⁾ beobachtete, dass sich die

<i>Madrepora arbuscula</i>	<i>Montipora stilosa</i> ,
<i>Porites mucronata</i>	<i>Montipora lima</i> ,

1) J. WALTHER, Abh. d. K. S. Ges. der Wissensch. Leipzig 1888, S. 498.

2) ORTMANN, Zool. Jahrb. 1892, S. 638.

3) THURSTON, Madras Gov. Central Museum 1890, S. 22.

4) SLUTTER, Naturk. Tijdschr. f. Nederl. Ind., XLIX, S. 363.

auf Bimsteinbrocken ansiedeln, welche mitten im weichen Schlamm liegen, und dass von diesen aus, die immer grösser werdenden Korallenbänke ihren Anfang nehmen.

Die Korallenriffe selbst stellen eine überaus charakteristische Facies des Meeresbodens dar. Das ganze thiergeographische Gebiet, das man ¹⁾ als die „indopazifische Provinz“ bezeichnet, ist durch das Vorkommen der Riffkorallen bestimmt. Vergesellschaftet mit diesen leben eine Fülle von Mollusken und anderen Thieren, welche von den Korallen so abhängig sind, dass sie überall auftreten, wo sich Riffe finden, und fehlen, wo die Riffkorallen nicht vorhanden sind. Man kann die indopazifische Provinz geradezu als die Facies der Riffkorallen bezeichnen.

An der nordamerikanischen Ostküste kann man ²⁾ überall bemerken, wie mit der Beschaffenheit des Meeresbodens sofort die Fauna wechselt. Die Fauna der Kalkgründe des Floridaplateaus ist grundverschieden von der Thierwelt, welche in wenig Meilen Entfernung in ähnlicher Tiefe den Kalkschlick des Golfstrombettes bewohnt. Manche Formen der Carolinafauna verschwinden bei Cap Florida und erscheinen wieder bei Cap Sable und an der Westküste, sobald der Sandboden durch Korallenriffe ersetzt wird.

An der westafrikanischen Küste kann man ³⁾ zwischen 100 u. 200 m eine Schlammfacies mit Würmern und *Siphonodentalium quinquangulare* von einer Felsenfacies mit *Caryophyllia clavus*, Hydroiden, Asteriden und vielen bunten Mollusken unterscheiden. Doch finden sich todte Schalen der letzteren auch im Schlamme.

Im Golf von Neapel erheben sich submarine felsige Inseln aus dem umgebenden Schlamm, die ich als Denudationsreste ehemaliger Vulkane betrachte ⁴⁾. Auf ihnen lebt eine Fauna, welche grundverschieden ist von den Bewohnern des nahen Schlammes. So drehte A. COLOMBO ⁵⁾ auf der Secca di Capo Miseno auf felsigem Boden in 53 m:

<i>Adamsia palliata</i>	<i>Amphiura squamata</i>
<i>Antennularia antennina</i>	<i>Balanophyllia italica</i>
<i>Calyptraea chinensis</i>	<i>Cardium papillosum</i>
<i>Caryophyllia cyathus</i>	<i>Cerithium vulgatum</i>
<i>Chenopus pes pelecani</i>	<i>Chondrosia reniformis</i>
<i>Circe minima</i>	<i>Cymopolia Caroni</i>
<i>Dorocidaris papillata</i>	<i>Echinaster sepositus</i>
<i>Eschara foliacea</i>	<i>Eurynome aspera</i>
<i>Fron dipora verrucosa</i>	<i>Gobius sp.</i>
<i>Ilyanthus parthenopeus</i>	<i>Inachus sp.</i>
<i>Micropora impressa</i>	<i>Modiola adriatica</i>
<i>Molgula sp.</i>	<i>Myriozeugum sp.</i>
<i>Nassa limata</i>	<i>Nassa mutabilis</i>

1) FISCHER, Manuel de Conchiliologie, S. 156.

2) A. AGASSIZ, Blake I, S. 143, 285.

3) STUDER, Gazette III, S. 32.

4) J. WALTHER, I vulcani sottomarini del golfo di Napoli. Boll. R., Com. Geol. 1886, Nr. 9.

5) A. COLOMBO, La fauna sottomarina del golfo di Napoli, Riv. Marittima Roma 1888, S. 92.

<i>Ophioderma longicauda</i>	<i>Ophiacantha setosa</i>
<i>Ophiothrix</i> sp.	<i>Paguristes maculatus</i>
<i>Phascolosoma</i> sp.	<i>Pinna nobilis</i>
<i>Rhopalea neapolitana</i>	<i>Tellina serrata</i>
<i>Ute glabra</i>	

während einen Kilometer davon, auf Schlammgrund in 75 m nur die gesperrt gedruckten Formen vorkamen, ausserdem aber:

<i>Aega</i> sp.	<i>Antedon diluvii</i>
<i>Arca tetragona</i>	<i>Cardita uculcata</i>
<i>Corbula mediterranea</i>	<i>Cucumaria cucumis</i>
<i>Cynthia microcomus</i>	<i>Defrancia gracilis</i>
<i>Doris</i> sp.	<i>Ebalia Pennantii</i>
<i>Eschara cervicornis</i>	<i>Fissurella</i> sp.
<i>Hermione hystrix</i>	<i>Lima hians</i>
<i>Luidia ciliaris</i>	<i>Mimosella gracilis</i>
<i>Nucula nucleus</i>	<i>Onuphis tubicola</i>
<i>Palmipes membranaceus</i>	<i>Phallusia mentala</i>
<i>Pecten opercularis</i>	<i>Pecten pusio</i>
<i>Pecten testac</i>	<i>Phellia mumus</i>
<i>Phoxicillus charybdaeus</i>	<i>Phyllococe laminosa</i>
<i>Pilumnus</i> sp.	<i>Pisa armata</i>
<i>Solecurtus coarctatus</i>	<i>Suberites appendicula</i>
	<i>Trochus granulatus</i> .

Dieses Beispiel ist geologisch überaus lehrreich; denn die beiden gleichzeitig gebildeten Sedimente, welche kaum 1000 m voneinander entstehen, haben nur 8 Formen gemeinsam, welche erhaltungsfähige Hartgebilde besitzen, während an der einen Lokalität 24 Arten, an der anderen 31 Arten nur lokal verbreitet sind.

In der Nähe der Thorntonbank (am Ausfluss der Schelde gelegen) findet¹⁾ man 28 m tief auf einem eng umschriebenen Gebiet einen sehr zähen Schlamm mit einer ganz besonderen Fauna, deren Formen in der belgischen Fauna sonst nirgends beobachtet werden, während sie hier ungemein zahlreich sind. So lebt hier *Gebia deltura* in bunter Färbung, welche sich wie ein Schanzarbeiter Gänge durch den Schlamm gräbt. *Calianassa subterranea* lebt ebenfalls im Schlamm, und ist durch ihre Farblosigkeit ausgezeichnet. Ausserdem finden sich: *Thia polita*, *Ebalia Bryerii*, *Pilumnus pusillus*, zwei Arten von *Phascolosoma*, *Loxosoma*, *Cerianthus* und *Cardium norvegicum*.

Aber auch die nektonische Fauna der Fische ist vielfach von einer bestimmten Facies abhängig. Nicht nur, dass viele Fische als Pflanzenfresser indirekt an eine gewisse Beschaffenheit des Bodens geknüpft sind, nein auch direkte Abhängigkeit lässt sich nachweisen.

So leben die *Pleuronectes* und *Platessa*, ebenso viele Rochen nur auf sandigem Grunde; ihre Unterseite ist farblos, die Oberseite besitzt die Farbe des Sandes. *Uranoscopus* gräbt sich so tief in den Sand ein, dass nur seine glotzenden Augen hervorgucken.

Andere Fische suchen zur Laichzeit bestimmte seichte Bänke auf, um dort ihre Eier abzusetzen. Mitten in der Nordsee erhebt sich von 50—15 m Höhe die Doggerbank, deren Fischreichtum alle umgebenden

1) Bulletin, Acad. Belg. 3 S. 1884. VIII. S. 646.

Gebiete übertrifft. Die seichten Bänke von Neufundland sind ebenfalls wegen ihres Fischreichthumes berühmt.

Wenn man bedenkt, dass Fische als leichtbewegliche Thiere überall hinschwimmen können, so erscheint es doppelt bemerkenswerth, dass auch sie auf einer bestimmten Facies des Meeresbodens sehr zahlreich sind, während sie auf anderen Facies selten gefunden werden.

Sogar die Abgründe der Tiefsee zeigen facielle Unterschiede, welche für die Vertheilung der Tiefseefauna von Bedeutung sind. An manchen Stellen der Chesapeake Bai fand AGASSIZ¹⁾ in 1800—2900 m den Boden des Meeres mit concretionären Krusten von eisenschüssigem Thon bedeckt, welche vielen Mollusken, die auf weicherem Boden nicht leben können, eine feste Unterlage darboten.

Wir lernen also aus diesen und vielen anderen ähnlichen Thatsachen, dass die Vertheilung der Meeresorganismen von zwei Faktoren in erster Linie bestimmt wird.

Das erste Moment ist die Wasserbewegung, welche Embryonen und Larven, Eier und Sporen von ihrer Geburtsstätte in das Meer hinaus entführt. Wellen und Strömungen würden auf diesem Weg ihre Bahn mit einer gleichmässigen Lebewelt besiedeln, wenn nicht die Beschaffenheit des Meeresbodens wechselte, und wenn nicht bestimmte Facies für ein Wesen schädlich, für ein anderes günstig wären. Dadurch werden viele Keime während der Entwicklung zerstört, und nur diejenigen wachsen heran, welche sich auf günstigem Untergrund ansiedelten. Auf diese Weise wird die Zusammensetzung der lokalen Flora und Fauna durch die Facies bedingt. Die Faktoren, welche hierbei in Frage kommen, sind zuerst Bedingungen des Pflanzenlebens. Ob Algen oder Seegräser, Tange oder Florideen auf einem Stück Meeresboden gedeihen, ist ein grundlegender Faktor für die daselbst lebende Thierwelt. Denn es werden dadurch nicht nur direkt alle Pflanzenfresser, sondern indirekt auch die Thierfresser beeinflusst.

Die Beschaffenheit des Untergrundes ist ein zweites Moment. Die Mehrzahl der festsitzenden Thiere und Thierstöcke, viele dickschalige Mollusken, viele Krebse, leben nur auf felsigem oder wenigstens hartem Untergrund. Dagegen finden sich die weichhäutigen Würmer, Holothurien, die siphonaten Muscheln u. s. w. eingegraben in den Sand und den Schlamm des Meeresgrundes. Alle Thiere, welche in irgend einer Abhängigkeit von diesen leben, werden indirekt durch jene Umstände auch mit beeinflusst, also alle Parasiten und die spezifischen Raubthiere.

Der Einfluss der Facies auf die Thierwelt macht sich aber auch noch insofern bemerkbar, als das eine Sediment dem Thiere zuträglicher ist wie ein anderes. *Cardium edule* bleibt²⁾ auf den Sandbänken des Wattenmeeres sehr klein. Auf schlickigem Grunde wird die Muschel ungleichseitig, hinten länger. An der schottischen und norwegischen Küste aber wird sie bis 50 mm breit, viel grösser als wo anders.

Auch für diese Erscheinung findet man viele weitere Belege im speziellen Theil.

1) A. AGASSIZ, Blake I, S. 273.

2) METZGER, Zool. Ergebn. der Nordseefahrt 1872, S. 253.

In welcher Weise aber eine ganze Fauna durch die äusseren Bedingungen zwerghaft klein werden kann, darüber hat FUCHS Beobachtungen¹⁾ angestellt. Bekanntlich findet man in verschiedenen älteren Formationen Anhäufungen kleiner Organismenreste, welche sich durch ihren Individuenreichtum und durch den Umstand auszeichnen, dass die Mehrzahl der Formen Pflanzenfresser sind. Im östlichen, seichteren Theil des Hafens von Messina ist nun das Meer von einer Menge verschiedener Algen erfüllt, welche, massenhaft wuchernd, ein förmliches Algendickicht erzeugen. Wenn man dieses Algendickicht untersucht, so findet man, dass es in demselben von kleinen Mollusken wimmelt, welche hier Nahrung und Schutz suchen. Man beobachtet *Rissoa*, *Rissoina*, *Trochus*, *Phasianella*, *Turbonilla*, *Columbella*, *Marginella*, *Cerithium*, *Defrancia*, *Cardium*, *Cardita*, *Lucina*, *Arca*, *Venus* in ganz unglaublicher Menge, aber durchaus von geringer Grösse. Hier sind es also die physikalischen Bedingungen eines bestimmten Pflanzenwuchses, welche indirekt die Entstehung jener Mikrofauna veranlassen haben. Mit Recht sagt FUCHS, dass man die Kleinheit dieser Fauna nicht durch Verkümmern, sondern durch spezifische Lebensumstände erklären muss.

Die Verhältnisse der Facies gewinnen ein erhöhtes Interesse, wenn wir berücksichtigen, dass der wichtigste Faktor der Facies, die Beschaffenheit des Sedimentmaterials in der Flachsee, nahe der Küste nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich grossen und tiefgreifenden Veränderungen unterworfen ist. Wir werden im dritten Band solche Vorgänge zu besprechen haben. Hier wollen wir nur daran erinnern, dass die meisten geologischen Profile zeigen, wie sehr der Gesteinscharakter an derselben Stelle der Erdrinde gewechselt hat. Wie wir Sandstein über Mergelbänken, Kalk über Hornsteinschichten beobachten, und wie häufig jene verschiedenen Gesteine in wiederholter Wechselfolge übereinanderliegen. Jeder solcher Wechsel in der Beschaffenheit übereinanderliegender Schichten bedeutet einen Wechsel in dem Sediment, einen Wechsel der Facies. Viele Thiere werden bei wechselndem Sediment dort nicht weiter leben, und auswandern müssen, andere Formen passen sich den neuen Verhältnissen an. Isolation und Wiedervereinigung der Kolonien finden abwechselnd statt.

Wenn²⁾ sich beispielsweise in zwei getrennten Küstengebieten unter abweichenden physikalischen Bedingungen aus einer ursprünglich gleichartigen Fauna (durch allmälige Auslese und Anpassung an den Untergrund) verschiedene Thiergesellschaften herausbilden, so werden dieselben auch dann verschieden bleiben, wenn etwa an den beiden Küsten die gleichen physikalischen Bedingungen wieder hergestellt werden. Man wird in dieser Weise die Herausbildung provinzieller Unterschiede aus faciiellen Abweichungen zu erklären haben.

Indem wir die gleichzeitigen aber als verschiedene Facies ausgebildeten Gesteine mit MOJSISOVICS³⁾ als heteropisch bezeichnen, stellen wir zeitlich verschiedene, aber faciiell übereinstimmende Gesteine als isopisch zusammen.

1) FUCHS, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1871, S. 204.

2) FRECH, Meeresprovinzen der Vorzeit. S. 15.

3) v. MOJSISOVICS, Dolomitriffe. S. 7.

Nur in seltenen Fällen liegen die isopischen Sedimente der aufeinanderfolgenden Formationen direkt übereinander, so dass wir auch die an eine bestimmte Facies gebundene Fauna von einer Formation in die darüberliegende verfolgen können. Die triasischen Korallenriffe der Alpen sind nicht selten auch in die darüberliegende Jurazeit hineingewachsen; in diesem Falle können wir die auseinander entstandenen Thierformen in den übereinanderliegenden Gesteinen zu finden hoffen.

Gewöhnlich liegt aber die Kalkfacies der einen Formation über der Mergelfacies der vorhergehenden, oder die Sandsteinfacies der jüngeren Etage über den Schiefern der älteren Stufe. Bei solchem Wechsel der Facies in den aufeinanderliegenden Formationen ist es ein vergebliches Unternehmen, eine bestimmte Thierform in allmählichen Uebergängen direkt übereinander beobachten zu wollen, vielmehr müssen wir bei derartigen phylogenetisch-paläontologischen Untersuchungen die oft weit voneinander entfernten isopischen Sedimente studiren, um die Uebergänge von einer Fauna in die andere zu finden.

5. Der Einfluss des Lichtes.

Das Tageslicht, welches auf den Meeresspiegel fällt, wird theilweise durch die glatte Fläche reflektirt, während ein anderer, nicht unbeträchtlicher Theil in das Wasser eindringt.

Um zu bestimmen, bis in welche Tiefe das Tageslicht eindringen kann, versenkte man weisse Scheiben und erkannte, dass dieselben in 15—50 m unsichtbar wurden; dass also auf dem 30—100 m langen Weg von der Oberfläche zur Scheibe und zurück zum Auge des Beobachters, alle weissen Lichtstrahlen absorbt worden sind.

Genauere und bessere Resultate erzielte man jedoch durch Versenken von photographischen Platten. FOL und SARASIN¹⁾ beobachteten bei Villafranca, dass am hellen Tag und bei vollkommen reinem Wasser noch in 380 m Tiefe chemisch wirksame Strahlen vorhanden seien, während eine bei trübem Wetter in 400 m 10 Minuten lang exponirte Platte keine Veränderung zeigte.

Beim Eindringen des Lichtes in das Wasser, wird nicht nur die Lichtintensität, sondern auch die Farbe des Lichtes sehr wesentlich verändert. Das weisse Sonnenlicht wird in die Spektralfarben zerlegt, und diese werden je nach ihrer Wellenlänge in verschiedenen Tiefen absorbt.

VOGEL²⁾ untersuchte das Licht in der „blauen Grotte“ auf Capri, welches mehrere Meter lang durch reines Meerwasser dringt, ehe es die Höhle erreicht, und fand, dass das Roth vollkommen verschwunden, das Gelb bis zur „D“linie verblasst war, während Grün und Blau vorherrschten. Genauere Versuche stellte HUEFNER³⁾ an, und fand, dass durch eine 180 cm lange Säule reinen Wassers bei 18° C. folgende Farben hindurchgelassen werden:

Farbe	durchgelassene Procente des Lichtes
Roth	ungefähr 50 %
Orange	60 "
Gelb	80 "
Grün	90 "
Indigo	95 "

1) Mem. Soc. Hist. Nat. Genève XXIX, Nr. 13.

2) VOGEL, Poggend. Annalen, Bd. CLVI, S. 325.

3) HUEFNER, Archiv f. Physiol. Leipzig 1891, S. 88.

Es werden also in 2 m Tiefe die Hälfte aller rothen Strahlen ausgelöscht, und ein Drittel aller Orangestrahlen. Aber auch vom blauen Ende des Spektrums werden mit zunehmender Wassertiefe Strahlen absorbiert. OLTMANN¹⁾ prüfte verschieden lange Säulen von Ostseewasser auf ihre Lichtdurchlässigkeit und fand bei einer Röhrenlänge von 3,4 m die rothen Strahlen bis zur Wellenlänge 675 (Skala von ANGSTROM) absorbiert, von hier erstreckte sich ein Schatten bis $\lambda = 665$; sodann trat ein ganz schwaches Absorptionsband bei $\lambda = 605$ auf.

Eine Wassersäule von 6,6 m absorbierte die rothen Strahlen bis $\lambda = 660$ vollständig, ein Schatten reichte bis $\lambda = 655$. Das Absorptionsband reichte von $\lambda = 604 - 608$; ausserdem verschwanden die violetten Strahlen bis $\lambda = 400$.

Ein Rohr von 10,4 m Länge gab die Endabsorption im Roth noch deutlicher zu erkennen. Strahlen bis 650λ sind vollkommen ausgelöscht, ein Schatten ist bis zu 638λ wahrzunehmen, das Band im Gelben hat sich verbreitert und reicht von $615 - 600\lambda$. Die blauen Strahlen sind bis 428λ geschwächt.

Bei einer Rohrlänge von 17,2 m Länge ist das rothe Ende bis 590λ absorbiert, bis 518λ geschwächt, während das blaue Ende bis 450λ absorbiert wurde.

Aus allem dem geht hervor, dass mit zunehmender Tiefe die Spektralfarben vom Roth und vom Indigo her allmählich geschwächt und absorbiert werden, so dass die Farbe des Wassers von einem hellen Gelbgrün in ein sattes Dunkelgrün übergeht.

Versuche mit Nordsee- und Süsswasser ergaben, dass die Absorption im Roth vom Salzgehalt unabhängig ist, während die Schwächung der indigoblauen Strahlen bei grösserem Salzgehalt geringer war.

Betrachten wir zuerst den Einfluss des Lichtes auf die Pflanzenwelt, so müssen wir darauf hinweisen, dass sich die für alles organische Leben grundlegende Assimilation am besten im rothen und gelben Lichte vollzieht. Da nun gerade diese Strahlen schon in den obersten Wasserschichten verschwinden, so sind die Beleuchtungsverhältnisse des Meeres für die Assimilation überaus ungünstig; um so mehr als die blauen Strahlen die Oxydation, die Zerstörung organischer Substanzen befördern.

Es würden daher nur die allerobersten Wasserschichten Pflanzen ernähren können, wenn die Natur nicht ein Mittel gefunden hätte, um die Existenz von Pflanzen auch in einiger Tiefe zu ermöglichen.

Viele²⁾ Algen enthalten einen rothen Farbstoff, das Phykoerythrin, welches eine sehr kräftige Fluoreszenz, d. h. die Fähigkeit besitzt, die darauf fallenden Strahlen von kleiner Schwingungsdauer zu absorbiren und dafür weniger brechbare Strahlen auszusenden. Die blauen Strahlen werden also gewissermassen durch das Phykoerythrin in gelbe, orange und rothe verwandelt, und so erhalten die in den Rothalgen auch noch vorhandenen Chlorophyllkörper schliesslich doch jene Strahlen, welche die Zersetzung der Kohlensäure veranlassen.

Allein die mit zunehmender Tiefe abnehmende Lichtintensität ist ein unbesiegbares Hinderniss für die assimilirenden Pflanzen. Es scheint,

1) OLTMANN, Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. Berlin 1891, S. 420.

2) KERNER VON MARILAU, Pflanzenleben I, 361.

dass die Assimilation im Mondlicht nahezu stillesteht. Berechnet man nun die Tiefe, in welcher die einzelnen Farben die Intensität des Mondlichtes erreichen, so ergibt sich für Roth 34 m, für Gelb 177 m, für Grün 322 m.

Unter solchen Umständen darf es uns nicht wundern, wenn wir beobachten, dass das Leben festsitzender Pflanzen nach der Tiefe zu bald ein Ende erreicht.

Im Quarnerischen Golfe fand LORENZ, dass die Algen in sechs verschiedenen Tiefenzonen auftreten:

über der Fluthgrenze wuchsen	3 Arten,
in der Gezeitenzone	„ 44 „
0 — 4 m tief	„ 218 „
4 — 27 m	„ 78 „
27 — 55 m	„ 43 „
unter 55 m	„ 4 „

BERTHOLD¹⁾ konnte im Golfe von Neapel solche Zonen nicht scharf unterscheiden, da er fand, dass andere Umstände, wie Untergrund, Temperatur, Wasserbewegung eine wichtige Rolle bei der Vertheilung der Algen spielten; dagegen untersuchte er die Flora von Höhlen und fand, vom Eingang nach dem beschatteten Innern vordringend, annähernd dieselbe Reihenfolge der Arten nebeneinander, wie man sie auf geneigtem Meeresboden untereinander beobachtete. Wo dauernde Trübung des Wassers das Eindringen des Lichtes bedeutend erschwerte, da steigen die Schattenformen auch bei freier Wasserfläche näher an die Oberfläche herauf. So sind im Golfe von Bajae und auf der Rhede von Neapel *Sporochmus*, *Arthrocladia*, *Cystossira*, *Halymenia* und *Bornetia* schon in 7—15 m gemein, während sie sonst in viel grösseren Tiefen gefunden werden.

Bei Capri fand er noch 130 m tief in klarem Wasser eine ziemlich reiche Algenflora. Bis 100 m leben noch: *Lithothamnium*, *Lithophyllum*, *Halopteris*, *Zanardinia*, *Udotea*, *Valonia* und andere Rothalgen, deren rother Farbstoff den Assimilationsprozess noch in solcher Tiefe vermittelt.

Schwimmende Algen hat man neuerdings in viel bedeutenderen Tiefen (2000 m) gefunden, allein es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass sie hier nicht mehr assimiliren und nur aus oberflächlicheren Schichten herabgesunken sind.

Nach THOMPSON hört das Algenleben im Meere unterhalb 360 m vollkommen auf.

Alle solche Zahlen gewähren natürlich nur Annäherungswerthe, und es ist nicht ausgeschlossen, dass gewisse Strahlen in noch grössere Tiefen eindringen, und irgendwie dem Assimilationsprozess dienstbar gemacht werden, denn HARTLEY²⁾ fand in 975 m noch grüngefärbte Mnschelschalen, deren Farbe spektralanalytisch vollkommen mit dem Chlorophyll übereinstimmte.

Wir nehmen vorläufig 400 m als die Tiefe der Assimilationsgrenze im reinen Wasser des offenen Meeres an, indem wir uns be-

1) Mitth. Zool. Station. Neapel III, S. 400.

2) HARTLEY, Proc. R. S. Edinburgh XIII, S. 136.

wusst bleiben, dass diese Tiefe zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterworfen ist.

Die Versuche ¹⁾ von OLTMANNs zeigen, welchen Einfluss das Licht nicht nur auf die Vertheilung, sondern auch auf die Entwicklung der Algen besitzt. Jede Alge bedarf zu ihrem Gedeihen eine ganz bestimmte Lichtmenge und zwar scheint nur die Helligkeitssumme in Frage zu kommen, während ein rascher Wechsel oder eine, nur kurze Zeit andauernde, grosse Lichtintensität keine merkliche Schädigung hervorbringt. Jede Spezies hat ein Maximum, Optimum und Minimum der Lichtstärke, und je weiter Minimum und Maximum auseinanderliegen, desto grösser ist das Verbreitungsgebiet der betreffenden Art. Man wird euryphotische und stenophotische Algen von einander unterscheiden können.

Die Thatsache, dass gewisse Meeresalgen in einem Jahr massenhaft auftreten, in einem anderen fehlen, hängt wahrscheinlich mit der Anzahl sonniger Tage des Jahres zusammen.

Während die rothen und gelben Lichtstrahlen die Assimilation in gefärbten Pflanzentheilen ermöglichen und unterhalten, üben die stärker brechbaren Strahlen des blauen und violetten Lichtes einen anderen direkten Einfluss auf wachsende Pflanzentheile aus, den man als Heliotropismus bezeichnet. Die Chlorophyllplatten ²⁾ von *Mesocarpus* kehren ihre breite Oberfläche dem Lichte so zu, dass sie von dessen Strahlen rechtwinklig getroffen werden. Verändert man die Richtung der Strahlen, so drehen sich die Chlorophyllplatten in der Art, dass sie immer ihre Fläche rechtwinklig dem Lichte darbieten. Nur wenn man grelles direktes Sonnenlicht einwirken lässt, stellen sich die Platten so, dass ihre Flächen den einfallenden Strahlen parallel stehen. Bei ³⁾ Belichtung eines vielzelligen Pflanzenorgans wird die dem Licht zugewandte Seite reich an Protoplasma, während die andere Seite protoplasmaarm wird.

Auch die freischwimmenden Schwärmsporen niederer Algen bewegen sich in der Richtung des Lichtes nach der Lichtquelle zu oder von ihr ab und auch hier wirken nur die stark brechbaren blauen und violetten Strahlen heliotropisch auf die Pflanzen. Obwohl nur wenig Versuche darüber angestellt worden sind, dürfen wir doch annehmen, dass die Orientierung und die Standorte der Meerespflanzen auch vom Heliotropismus in hohem Maasse beeinflusst sind.

Das ⁴⁾ volle direkte Sonnenlicht suchen mit wenigen Florideen und Chlorosporéen die Mehrzahl der braunen Algen oder Tange auf; sie sind deshalb für die sonnigen, seichten Küstenregionen bezeichnend. *Fucus* und *Sargassum* leben im Gezeitengürtel, *Laminaria* bedeckt felsige Klippen wenige Meter unter dem Wasserspiegel, und nur die *Macrocystis pyrifera*, welche gewöhnlich 9–18 m tief im Antarktik gefunden wird, lebt auf St. Paul noch in 84 m Tiefe. Viele Algen zeigen insofern negativen Heliotropismus, als sie die beschatteten Gebiete bewohnen. Bis zu 30 m Tiefe findet man die Schatten-

1) OLTMANNs, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 413.

2) STAHL, Botanische Zeitung 1880.

3) LOEB, Heliotropismus der Thiere 1891, S. 7.

4) BERTHOLD, Mitth. Zool. Stationen. Neapel III, 417.

formen unter Felsblöcken und zwischen grösseren Algen, und noch in 60 m vertieften sich *Palmophyllum*, *Cruriopsis*, *Lithophyllum* und *Lithothamnium* im Sommer an den geschützten Seiten der Felsblöcke.

Indem wir uns jetzt dem Thierreich zuwenden, müssen wir hervorheben, dass alle früher aufgezählten, Chlorophyll oder Xanthellen enthaltenden, Thiere Bewohner der oberen durchleuchteten Wasserschichten sind. Ebenso sind durch Vermittlung der Pflanzenwelt alle pflanzenfressenden Thiere auf die diaphane Region beschränkt.

Aber selbst wenn wir von diesen beiden Gruppen absehen, so können wir doch ein sehr mannigfaltiges Wechselverhältniss zwischen Licht und Thierleben beobachten.

Bei einer grossen Anzahl von Thieren hat man denselben Heliotropismus erkannt, wie ihn die Pflanzen zeigen. Niedere Thiere, welche von einseitigem Licht getroffen werden, bewegen¹⁾ sich in der Richtung der Lichtstrahlen.

Die stärker brechbaren Strahlen des uns sichtbaren Sonnenspektrums sind für die Orientirung der Thiere geradeso wie bei den Pflanzen ausschliesslich oder doch stärker wirksam. Das Licht wirkt bei konstanter Intensität dauernd als heliotropische Reizursache.

Grelles Licht wirkt auf viele Thiere wie ein elektrischer Reiz²⁾. *Plomyxa* zieht sich zusammen, *Dentalium* zieht seinen Fuss ein, sobald es von einem grellen Lichtstrahl getroffen wird, und da nicht nur sehende, sondern auch blinde oder künstlich geblendete Thiere sich so verhalten³⁾, muss man annehmen, dass diese Reaktion durch die Haut vermittelt wurde.

Die Mehrzahl der Thiere, welche die diaphane Region bewohnen, sind auf eine bestimmte Lichtintensität gestimmt, und suchen solche Stellen auf, wo sie diese finden. Spongien leben vielfach unter Steinen oder an beschatteten Stellen.

Riffkorallen bedürfen viel Licht zu ihrem Gedeihen und leben in der stark beleuchteten Zone der obersten Wasserschichten, sie sind licht-hungerig⁴⁾ und wachsen meist in der Richtung der starken Beleuchtung. Dagegen ziehen *Fungia Ehrenbergi* und *Mopsa erythraea* den Schatten vor.

Die Mehrzahl der litoralen Schnecken sind am Tage unter Steinen verborgen und gehen erst Nachts auf Jagd aus.

Am ausgeprägtesten und am leichtesten zu erkennen ist die Abhängigkeit der Plankton-Thiere von einer bestimmten Beleuchtung. Allbekannt ist es, dass die Thiere, welche Nachts das Meerleuchten hervorrufen, am Tage die Meeresoberfläche verlassen und in tieferen Wasserschichten angetroffen werden.

Versuche⁵⁾ mit den Naupliuslarven von *Balanus* haben nun ergeben, dass bei diesen kleinen Krebschen ein zweifacher Heliotropismus vorhanden ist. Bei einseitig einfallendem Licht stellen sie sich

1) GRABER, Sitzungsber. Wiener Acad. 1885, S. 129.

LOEB, Heliotropismus der Thiere. S. 109.

2) ENGELMANN, Pflügers Archiv f. Phys. 1878.

3) GRABER, Sitzungsber. Wiener Acad. 1883, S. 201.

4) KELLER, Reisebilder aus Madagascar. Seite 61.

5) GROOM und LOEB, Biol. Centralblatt 1890, S. 160.

alle auf dem Wege der Lichtstrahlen auf, und bewegen sich auch nur auf diesem Weg. Grelles Licht wirkt negativ heliotropisch, d. h. die Krebse schwimmen in der Richtung der Lichtbewegung von der Lichtquelle fort; schwaches Licht erzeugt positiven Heliotropismus, d. h. die *Nauplius* schwimmen nach der Lichtquelle hin. Wenn die Krebse längere Zeit im Dunkeln gewesen sind, so werden sie positiv heliotropisch, wenn sie aber durch längere Zeit belichtet wurden, so trat negativer Heliotropismus ein.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die periodischen Tiefenwanderungen der pelagischen Thiere dadurch veranlasst sind, dass sie heliotropisch reagiren, d. h., dass sie durch den Lichtstrahl gerichtet werden, zweitens dadurch, dass sie Abends im schwachen Licht positiv, Morgens aber negativ heliotropisch werden. Sobald die Thiere, die durch das Licht negativ-heliotropisch werden, in tiefere Regionen von geringerer Lichtintensität kommen, werden sie wieder positiv-heliotropisch; sie müssten umkehren und wieder nach oben kommen; sie werden aber, sobald sie an stärkeres Licht zurückkommen, wieder negativ-heliotropisch. So werden sie durch das constante Licht in der Schwebe gehalten, während durch wechselnde Beleuchtung am Morgen und am Abend vertikale Wanderungen resultiren. In ähnlicher Weise wirken die längeren Sommertage und die kürzeren Wintertage in den höheren Breiten modifizirend auf die Tiefe, in welcher die pelagische Thierwelt schwebt.

Sehr merkwürdig, wenn auch nur an wenigen Meeresthieren erprobt, ist der Einfluss gefärbten Lichtes auf die Entwicklung der Thiere. YUNG¹⁾ liess Eier von *Loligo* und *Sepia* sich in verschiedengefärbtem Licht, aber unter sonst gleichen Bedingungen entwickeln und fand, dass aus

den Eiern im violetten Licht nach 22 Tagen,	
„ „ „ blauen „ „ 25 „	
„ „ „ gelbrothen „ „ 30 „	

Junge auszuschlüpfen begannen.

Die Hautfarbe der Thiere steht in vielen Fällen nachweisbar in engstem Zusammenhang mit dem Licht, und im Allgemeinen²⁾ kann man sagen, dass die Entwicklung der Pigmente Hand in Hand geht mit der Intensität der Belichtung.

Man versteht unter Mimicry solche Formen oder Farben eines Thieres, welche ihm eine schützende Aehnlichkeit mit anderen Naturkörpern geben; und die Mimicryfärbung soll uns hier zuerst beschäftigen. Die Thiere, welche das offene Meer bewohnen, sind glashell durchsichtig, silberglänzend oder blaugefärbt wie das durchsichtige Element, in dem sie schweben. Die Thierwelt der Florideen³⁾ auf den Kerguelen ist sehr lebhaft roth- oder braungefärbt wie die Algen, auf denen sie lebt. Auf Korallenriffen gehört ein überaus geschulter Blick dazu, um die in Form und Farbe ganz den Korallenästen oder abgestorbenen Korallen gleichenden Krebse, Schnecken, Muscheln zu erkennen.

1) Mitth. Zool. Station zu Neapel 1880, S. 233.

2) WEBER, Archiv für Mikr. Anat. XIX, S. 596.

3) STUDER, Forschungsreise der Gazelle III, 138.

In der Klasse ¹⁾ der Fische sind Schutzfärbungen ziemlich häufig. Die Schollen, Steinbutten, Rochen entziehen sich durch die sandgraue Färbung ihrer Oberseite leicht allen Nachstellungen. *Sygnathus typhle* gleicht so sehr den Blättern von *Zostera marina*, dass er zwischen Seegras gar nicht erkannt werden kann. Die Krebse *Crangon vulgaris* und *Corophium longicorne* sind auf dem Sande der Ostsee nicht zu sehen. *Capella* und *Leptomera* sind in der Farbe vollkommen dem Seegras angepasst, und *Idotea tricuspidata* zeigt eine verschiedene Zeichnung, je nachdem sie auf Seegras, Algen oder toten braunen Seegrasblättern gefunden wird.

Die *Patella pellucida* der Nordsee ist auf den Laminariablättern kaum zu bemerken, *Strombus*, *Pteroceras*, *Conus* leben auf Korallenriffen und ahmen Korallenäste in Form und Farbe nach. Die Schale von *Litorina pagodus* gleicht so sehr den schwammig zerfressenen Felsen Timors, dass sie auf einen Schritt Entfernung nicht zu erkennen sein soll.

Eine grosse Zahl von Farbstoffen hat man bei Thieren nachgewiesen. MOSELEY ²⁾ nennt allein 20 verschiedene Arten. v. MEREJKOWSKI ³⁾ fand den, von ihm Tetronerythrin genannten, Farbstoff bei 104 Thierarten der verschiedensten Klassen; und wenn auch MAC MUNN zeigte ⁴⁾, dass hierbei verschiedene Farbstoffe zusammengeworfen wurden, so betont er doch auch die Abhängigkeit der Bildung dieser Farben von dem Lichte.

Den besten Beweis dafür, dass die Farbe der Umgebung einen bestimmenden Einfluss besitzt auf die Färbung eines Thieres, liefern diejenigen Thiere, deren Hautfarbe einem Wandel unterworfen ist.

In der Haut von Fischen, Cephalopoden und Krebsen kommen kontraktile Zellen vor, deren Inneres mit rothem, braunem, grünem, gelbem, schwarzem Farbstoff erfüllt ist, und die man als Chromatophoren bezeichnet. Dehnen sich die rothen Zellen flächenhaft aus, so erhält die ganze Haut eine röthliche Färbung; ziehen sich diese zusammen, während die grünen Zellen sich verbreitern, so wird der Körper grünlich gefärbt; contrahiren sich alle Chromatophoren, so wird die Hautfarbe weiss.

Die Versuche von POUCHET ⁵⁾ haben nun ergeben, dass das durch die Chromatophoren ausgeübte Farbenspiel, vom Auge aus regulirt wird. Wenn er bei einem *Rhombus* die Augen blindete oder die Sehnerven zerstörte, so waren dieselben nicht mehr im Stande, die Farbe zu verändern. Ebenso behalten blinde Fische des Süsswassers wie des Meeres unverändert ihre Farbe bei. Ebenso wies KLEMENSIEWICZ ⁶⁾ nach, dass geblendete Tintenfische keinen spontanen Farbenwechsel zeigen. *Sygnathus* nimmt nach HEINCKE die gelbgrüne, dunkelgrüne oder braune Farbe der Seegrasblätter an, zwischen denen er lebt. Junge Thiere wechseln die Farbe in kaum einer Minute, während ältere Individuen etwa eine Stunde brauchen, ehe sie die ihre Umgebung entsprechende

1) SCHEDEL, Zool. Garten 1887, S. 140.

2) Quat. Journal Micr. Sc. XVII, N. 8.

3) Comptes Rendues Acad. T. 93, S. 1029.

4) MAC MUNN, Q. J. Micr. Soc. XXXI. S. 90.

5) POUCHET, Journal de l'Anat. et de la Physiol. T. XII, 1876, S. 85.

6) KLEMENSIEWICZ, Sitz. Ber. Wiener Acad. Juni 1878, S. 33.

Farbe angenommen haben. *Gobius Ruthensparri* besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, in relativ ausserordentlich kurzer Zeit seine Farbe der Farbe der Umgebung anzupassen.

Eine frisch gefangene *Scpia* wird in einer weissen Schüssel weiss, indem sich alle Chromatophoren zusammenziehen, auf braunem Grunde wandelt sich die Hautfarbe in ein Graubraun, auf fleckigem Grunde wird auch die Haut mit wechselnden Flecken bedeckt.

*Palaeomon serratus*¹⁾ wird in weissen Gefässen hellgelb, in schwarzen Gefässen braunroth. Wie bei den Fischen konnte auch hier festgestellt werden, dass nach Zerstörung des Selbvermögens die Contraction der verschiedenen Chromatophoren aufhört. Farbenwechsel zeigen auch *Gelasimus*, *Mysis*, *Nika*, *Idothea*, *Protella*, *Squilla* u. A.

Einen scheinbaren Widerspruch zu dem Satze, dass die Färbung der Thiere im engsten Zusammenhang mit dem Lichte steht, bildet die auffallende Thatsache, dass die Tiefseethiere meist brillant gefärbt sind. Vorherrschend ist Purpur, Roth und Orange; Grün ist selten. KELLER²⁾ hat zur Erklärung dieser Thatsache darauf hingewiesen, dass ein farbiger Gegenstand, im Lichte seiner Complementärfarbe betrachtet, dunkel erscheint, d. h. verschwindet. Infolgedessen ist im grünen Wasser der geringeren Tiefen Roth und Orange eine Schutzfarbe für die Thiere.

Obwohl nun bis in die abyssischen Tiefen kein Tageslicht hindringt, so giebt es doch da unten Lichtquellen in der Phosphorescenz der Tiefseethiere. Viele derselben sandten noch an Bord der Schiffe ein so intensives Licht aus, dass es MOSELEY gelang, dieses Licht spektralanalytisch zu untersuchen. Es ergab sich hierbei, dass neben rothen und gelben, besonders grüne Strahlen angesandt wurden, während blaues und violettes Licht fehlte oder vom Wasser absorbiert wurde. Unter solchen Beleuchtungsverhältnissen gewinnt Purpur als dominirende Farbe eine ganz besondere Bedeutung, denn es ist die Complementärfarbe zu Grün.

Wir sahen oben, dass viele Meeresthiere durch Mimicry so gut angepasst sind, dass man ihre Existenz nur erkennt, wenn sie sich bewegen. Nun scheinen schon die Augen der niederen Wirbelthiere, in noch höherem Maasse aber die Augen der Wirbellosen nicht so sehr geeignet³⁾ zu sein, Formen zu unterscheiden, als gerade Bewegungen zu empfinden. Dementsprechend sind die meisten Augen niederer Thiere von sehr einfacher Organisation. Häufig sind es blosse Pigmentflecke, dann tritt ein lichtbrechender Körper, die Linse, hinzu und nur bei den Cephalopoden ist der Bau des Auges denjenigen der Wirbelthiere gleichorganisirt. Manche dieser Augen werden nur wenig mehr Licht empfinden als die Körperfläche des Thieres, andere Augen werden auch Bewegungen erkennen können. Hier ist noch ein reiches Feld für physiologische Experimente. Für uns ist es wichtig, daraufhinzuweisen, dass diese Augen solche Stellen der Körperoberfläche sind, welche besser als andere, Licht zu empfinden und zu unterscheiden im Stande sind.

1) SEIDLITZ, Beiträge zur Descendenztheorie 1876, S. 24.

2) Kosmos 1883, S. 37.

3) CARRIÈRE, Sehorgane der Thiere 1885, S. 190.

In den Augen ist ein Sinn differenziert und spezialisiert, welcher der ganzen Körperoberfläche vieler Thiere eigenthümlich ist.

Schon mehrfach hat man die Thatsache betont, dass Tiefseethiere häufig blind sind, oder verkümmerte Augen besitzen. Aber diese Thatsache erschien um so sonderbarer, da man andere nahe verwandte Thiere mit hochentwickelten Augen aus ähnlichen Tiefen heraufbrachte. Wie ist es möglich, dass blinde und sehende Thiere dort nebeneinander vorkommen? Wenn das Licht so gering ist, dass die einen Thiere erblinden, wie können dann die Augen der anderen noch funktionieren? Zur Erklärung dieser Thatsache haben MAC CULLOCH und COLDSTREAM¹⁾ die „abyssal theory of light“ aufgestellt, wonach das Licht phosphorescirender Thiere in der Tiefsee das Sonnenlicht ersetze.

Selbst wenn wir die Richtigkeit dieser Annahme zugeben, so erklärt sie wieder nur die Existenz sehender Tiefseethiere, nicht aber das Zusammenvorkommen von sehenden und blinden Formen; und so scheint es nützlich, die Frage an der Hand der Thatsachen näher zu beleuchten.

Die in ihrem Habitus den Triboliten überaus ähnliche Isopodengattung *Scrolis*²⁾ lebt im Antarktik vom Seichtwasser bis hinab zu den grössten Tiefen.

Scrolis schythei findet sich von 7—128 m. Sie besitzt grosse wohlentwickelte Augen, welche stark aus dem Kopfschild hervortreten.

Scrolis bromleyana lebt von 730—3600 m, ihre Augen sind klein und rückgebildet.

Scrolis gracilis wurde in 1230 m Tiefe in mehreren Exemplaren gefischt. Zwei Stück glichen in ihrer Augenentwicklung der *S. bromleyana*, ein Exemplar hatte noch stärker verkümmerte Augen, während ein drittes verschwindend kleine, degenerierte Augen besass.

Scrolis antarctica lebt von 730—2920 m und ist vollkommen blind.

Es ist naheliegend, aus dieser Degenerationsreihe den Schluss zu ziehen, dass *Scrolis* auf der Wanderung zur Tiefsee begriffen, allmählig ihre Augen verliert, und dass der Unterschied in der Ausbildung der Augen durch die Länge der Zeit erklärt wird, welche seit der Einwanderung einzelner Generationen verstrichen ist. Hat man doch durch diese Annahme alle Schwierigkeiten lösen zu können geglaubt, welche sich aus dem Vorkommen blinder und sehender Gattungen in der Tiefsee ergeben.

Anders gestaltet sich aber schon die Frage, wenn wir auch andere Isopoden in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

*Pleurogonium*³⁾ ist blind, obwohl er nur im diaphanen Gebiet lebt.

Munnopsis, *Eurycope*, *Ischnosoma*, *Typhotanais*, *Cryptocope*, sind blind im Seichtwasser, wie in der Tiefsee.

Anuropus, *Sphyrapus*, *Trichopleon*, *Neotanais*, *Nannoniscus*, *Lecopus*, *Jolanthé*, *Neasellus*, leben nur in der Tiefsee und sind vollkommen blind, während die

1) SEMPER, Existenzbedingungen der Thiere I, S. 104.

2) BEDDARD, Chall. Rep. Zool. XXXIII.

3) BEDDARD, Chall. Rep. Zool. XLVIII.

beiden Tiefseegattungen *Acanthomunna* und *Bathynomus* Augen besitzen.

Die in geringeren Tiefen auftretenden Asseln sind dadurch lehrreich, dass sie eine sehr verschiedene Lebensweise führen. Die einen leben als Raubthiere frei, andere wühlen im Schlamm, wieder andere sind äussere oder innere Parasiten auf grösseren Fischen und ähnlichen Wirthen. Sollte nicht die Lebensweise der Tiefseekrebse ähnliche Unterschiede zeigen?

Die Schizopodengattung *Borcomysis*¹⁾ zeigt in dieser Hinsicht sehr lehrreiche Eigenthümlichkeiten. *Borcomysis obtusata* besitzt an ihrem Hinterleib lange gefiederte Schwimmfüsse. Die ganze Form des Körpers giebt der Vermuthung Raum, dass sie in Anpassung an nektonische Lebensweise erworben wurde. Die Augen sind wohl entwickelt. *Borcomysis micros* ist von ähnlicher, wenn auch etwas gedrungener Form; die Augen sind klein. *Borcomysis scyphops* zeigt an ihrem Abdomen kurze, wenig befiederte Fussstummel; der ganze Habitus entfernt sich von der elegant gestreckten Form ihrer pelagisch lebenden Verwandten. Augen fehlen.

Bentheuphausia amblyops hat einen lebhaft roth gefärbten Körper und unterscheidet sich dadurch von allen pelagisch lebenden Euphausiden, deren schlanker Körper glashell durchsichtig ist. Ihre Augen sind sehr klein und rudimentär.

Chalaraspis alata besitzt einen breiten tonnenförmigen Cephalothorax, der Hinterleib ist kurz, zum Schwimmen ungeeignet, die Beine klein und kurz, die Augen sind verkümmert.

Ich glaube, dass diese Thatsachen der Hypothese Raum geben, dass die sehenden Tiefseeformen eine nektonische, die blinden eine benthonische Lebensweise führen. Die frei im Wasser umher schwimmenden Fische und Krebse der Tiefsee bedürfen der Augen, um bei dem zarten Schein eigener oder fremder Leuchtorgane ihre Beute zu erhaschen. Die im Schlamm kriechenden Arten haben ihre Augen ebenso verloren, wie der Maulwurf sein Sehvermögen eingebüsst hat. Ich glaube nicht, dass damit alle Thatsachen in der Augenanatomie der Tiefseethiere erklärt werden, aber ich bin der Ueberzeugung, dass die Lebensweise der Tiefseethiere bei der Beurtheilung dieser Frage eine bessere und befriedigendere Lösung giebt als die Annahme, dass nur die Zeitdauer der Einwanderung in die Tiefsee die Verschiedenheit der Augenrückbildung erklärt.

Ich halte es besonders aber für einen verhängnissvollen Schluss, wenn man aus dem Auftreten blinder fossiler Thierformen „tiefes Wasser“ zur Erklärung der Thatsache annimmt. Berechtigt ist nur der Schluss auf eine Lebensweise, bei welcher die Augen überflüssig sind, wahrscheinlich ist der Schluss auf „dunkles Wasser“. Wenn man bedenkt, wieviel augenlose Thiere im seichten Wasser leben, so kann es uns gar nicht wundern, dass auch Tiefseethiere blind sind, allein es ist das keine charakteristische Erscheinung aller Tiefseethiere.

Petalophthalmus armiger, der neuerdings so oft citirte blinde Krebs, lebt allerdings von 280—4570 m, auch *Pseudomma Sarsi* kommt von 220—3000 m vor, beide erreichen also die obere Grenze,

1) G. O. Sars, Chall. Rep. Zool. XXXVII.

der vielfach mit dem Wort Tiefsee identifizirten aphotischen Region. Aber die blinde *Pseudomma australis* ist in 60 m Tiefe gefunden worden. Und wenn auch das Exemplar nicht vollständig erhalten ist, so beweist doch diese Thatsache, dass blinde Schizopoden auch in der diaphanen Region leben.

GRIMM¹⁾ fand, dass bei den blinden und schwachsichtigen Amphipoden *Niphargus* und *Onesimus*, welche die Tiefen des kaspischen Meeres bewohnen, das fehlende Sehvermögen durch die gesteigerte Funktion anderer Organe ersetzt wird. *Niphargus caspicus* lebt, mit *Vorticella* bewachsen, auf dem Schlamm und besitzt sensible Fühler, während der im Schlamm grabende *Onesimus* keine äusseren Fühlfäden besitzt.

Auch in dieser Thatsache erblicke ich einen Beweis dafür, dass die Verkümmernng specifischer Sinnesorgane nicht von der allgemeinen Lichtarmuth der Tiefsee, sondern von specifischen Lebensgewohnheiten veranlasst wird.

1) Archiv f. Naturgesch. 1880, S. 124.

6. Der Einfluss der Temperatur.

Das Wasser hat von allen Körpern¹⁾, welche auf der Erdoberfläche angetroffen werden, die grösste Wärmekapazität, daher mässigt es die Extreme der Temperatur in der Zeit und im Raum. Das Klima im Innern des Festlandes ist durch sehr bedeutende Temperaturschwankungen ausgezeichnet. Je mehr wir uns aber den Küsten nähern, desto geringer werden diese Differenzen, weil das Meerwasser sie auszugleichen bestrebt ist.

Da die spezifische Wärme²⁾ des Wassers so bedeutend ist, so erfolgt eine Erwärmung oder Abkühlung des Meeres überaus langsam. Die Oberfläche des Wassers reflektirt einen grossen Theil der auffallenden Wärmestrahlen, ein anderer Theil der Sonnenwärme wird bei der Verdunstung des Wassers gebunden, das eingedampfte Seewasser der Oberfläche wird schwerer, sinkt in die Tiefe, neue Wasserschichten steigen empor — kurzum eine Veränderung der Wassertemperatur erfolgt viel langsamer als ein Wechsel in der Erwärmung des Festlandes.

Im grossen Ganzen mildern die Meere leichter die Kälte des Winters als die Wärme des Sommers, die Kälte der Polarländer mehr als die Wärme der Tropen.

Was die untere Grenze der Meerestemperaturen anlangt, so ging man früher von der Annahme aus, dass das Meerwasser ebenso wie das Süsswasser bei $+4^{\circ}\text{C}$. sein Dichtigkeitsmaximum habe. Allein nach den Versuchen³⁾ von DESPRETZ sinkt die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums mit zunehmendem Salzgehalt schneller als der Gefrierpunkt; und das Sinken des Gefrierpunktes unter 0° , sowie das Dichtigkeitsmaximum unter $+4^{\circ}\text{C}$. stehen beinahe in direktem Verhältniss zum Salzgehalt.

Spez. Gewicht	Dichtemaximum	Gefrierpunkt
1,0273	$-3,67^{\circ}\text{C}$.	$-1,84^{\circ}\text{C}$.
1,0281	$-4,74^{\circ}\text{C}$.	$-2,06^{\circ}\text{C}$.
1,0267	$-3,21^{\circ}\text{C}$.	$-1,90^{\circ}\text{C}$.
1,0281	$-3,90^{\circ}\text{C}$.	$-2,10^{\circ}\text{C}$.

Damit hängt es zusammen, dass die Temperatur des Meeres mehrere Grad unter 0° abgekühlt werden kann, ohne zu frieren.

1) WOEIKOFF, Die Klimate der Erde. S. 107, 143.

2) THOULET, Océanographie, I, S. 306.

3) v. BOGUSLAWSKY, Ozeanographie. S. 236.

Das Oberflächenwasser ist im Allgemeinen 1°C . wärmer als die unmittelbar darauffliegende unterste Luftschicht, doch beobachtet man in der Nähe der Küste bedeutendere Differenzen.

Die höchste Oberflächentemperatur beobachtete man in der Celebessee mit 31°C ., die niedrigste mit $-2,8^{\circ}\text{C}$. nahe einem antarktischen Eisberg.

Das Bild der Isothermen der Meeresoberfläche wird wesentlich modifiziert durch die Meeresströmungen. Das warme Wasser des Golfstromes macht sich bis in den Polarkreis hinein bemerkbar, eine parallele Strömung verläuft an der Ostküste von Asien und erwärmt das Meer bis nach den Aleuten, während kalte Strömungen längs der Westküste von Südamerika, Afrika und Australien die Isothermen nach dem Aequator hin zusammendrängen.

Nach Beobachtungen im Mittelmeer hören die täglichen Temperaturschwankungen in 18 m, die jährlichen in 400 m Tiefe auf.

In der Chinasee hört die Wirkung der Jahreszeiten in 185 m Tiefe auf, bei einer Temperatur von $15,6^{\circ}\text{C}$.

In der tropischen Zone des Atlantik betragen die jährlichen Schwankungen $2,4^{\circ}\text{C}$., in der gemässigten Zone $7,2^{\circ}\text{C}$. Flache Meeresbecken nehmen, sofern sie nicht in beständigem Austausch mit dem Ozean stehen, bald die Temperatur der Oberfläche bis zum Grunde an, im tiefen Meer dagegen vollzieht sich der Austausch verschieden schweren Wassers so langsam, dass man eine ziemlich bedeutende Temperaturabnahme bis zum Meeresgrunde bemerken kann.

Die Temperatur¹⁾ nimmt zuerst rasch, dann langsamer bis zu einer Tiefe von 730—1100 m ab, in der eine Temperatur von $+4^{\circ}\text{C}$. herrscht. Von da ab erfolgt die Temperaturabnahme noch langsamer und das Wasser des Meeresbodens zeigt $+2^{\circ}$, bis $-2,5^{\circ}\text{C}$.

Die leichte Beweglichkeit der Wassermoleküle bringt es mit sich, dass das Meer in bestimmte übereinander geschichtete Dichtigkeitszonen gegliedert erscheint. Aber da die Temperatur nicht der einzige Faktor für die Schichtung gleich dichter Wassertheile ist, sondern der Salzgehalt des Wassers ebenfalls beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein kann, so kommt es vor, dass wärmere Wasserchichten infolge ihres höheren Salzgehaltes schwerer sind als salzarme kältere Wassertheile.

Dadurch erklärt sich die in kälteren Meeren öfters beobachtete Thatsache, dass die Temperatur nach der Tiefe zu höher wird, um dann wieder abzunehmen. So beobachtet HOFFMEYER in der Dänemarkstrasse zwischen Grönland und Island:

Tiefen in Meter	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$.
0	1,7
9	1,2
19	-1,2
28	-1,6
38	-0,8
47	5,3
56	5,9

1) v. BOGUSLAWSKY, Ozeanographie I, S. 243.

Tiefen in Meter	Temperatur in ° C.
69	6,2
107	6,3
188	6,1
565	—0,1
650	—1,1

Aehnliche Beobachtungen machte der Challenger¹⁾ im südlichen Indik, und RODGER²⁾ in der Behringsstrasse. Auch das Auftreten³⁾ isolirter, in sich geschlossener Inseln wärmeren oder kälteren Wassers, wie solche im Nordatlantik und im Karischen Meer erscheinen, hängt mit den durch schmelzendes Eis hervorgerufenen Dichteunterschieden zusammen.

Ueberhaupt ist die Vertheilung der Temperatur nahe der Küste und in Meeresbuchten eine viel ungleichmässiger als im offenen Meere. Denn die Zahl der modifizirenden Ursachen ist hier wesentlich grösser. Die Bildung von Eis, das Einströmen von süssem kalten Wasser, der Einfluss oft wechselnder Winde äussert sich in der mannichfaltigsten Weise.

Wenn im Loch Strivan (Schottland) der Wind einige Stunden lang seewärts geweht hat, so treibt er beständig so viel Oberflächenwasser aus der Bucht hinaus, dass das kalte Grundwasser emporsteigt und binnen kurzer Zeit die Temperatur an der Oberfläche um 15° sinkt.

Allein wenn man von diesen für die Flachsee, für Archipele und Aestuarien bemerkenswerthen Thatsachen absieht, so findet man das Wasser des offenen Meeres nach Temperaturen überaus regelmässig geschichtet. Die Temperatur nimmt in den oberen Wasserschichten ziemlich rasch ab, d. h. die Schichten gleicher Temperatur sind ziemlich dünn; nach unten aber erreichen sie eine sehr beträchtliche Dicke. Wichtig ist es, dass diese verschieden warmen Wasserzonen durch die ganze Breite eines Ozeans annähernd horizontal übereinander geschichtet sind, und dass infolgedessen die Thierwelt des offenen Meeres, sofern sie in ihrer Vertheilung von der Temperatur bedingt wird, in horizontalen Zonen übereinander schwebt. Zugleich ergibt sich aus den bisher erwähnten Thatsachen, dass man die Temperaturen des Tiefseebodens der Tropen wiederfindet, in den Temperaturen geringer Tiefen im Polarmeere. Mit Bezug auf die Temperatur ist also die Flachsee der Polarmeere gleichwerthig mit der Tiefsee der wärmeren Zonen.

Die Temperatur am Boden eines abgeschlossenen Meeres entspricht der geringsten Wintertemperatur des betreffenden Gebietes. Das Mittelmeer ist durch eine 1000 m tiefe Bodenschwelle bei Gibraltar von der offenen Zirkulation mit dem Atlantik abgeschnitten. Infolgedessen nimmt von oben nach unten die Temperatur bis 13° ab, dann bleibt diese Temperatur konstant bis zum Meeresboden. Diese invariable Wasserschicht ist im westlichen Mittelmeer 2550 m, im östlichen Becken aber 3100 m hoch.

1) CHALLENGER, Report. Narrative I, Diagramm 9.

2) PETERMANN'S Mitth. III, S. 57.

3) PETERMANN'S Mitth. XVII, S. 105.

Interessant ist eine Vergleichung¹⁾ der Temperaturvertheilung im Atlantik und Pazifik. Das Wasser des Nordpazifik ist in seiner ganzen Masse kälter als das des Atlantik. Das Wasser des Südpazifik ist bis 1300 m Tiefe etwas wärmer als das des Südatlantik, unterhalb dieser Tiefe aber kälter. Die Bodentemperaturen sind im Pazifik im Allgemeinen niedriger als im Atlantik in denselben Tiefen und Breiten, aber nirgends findet man in jenem so niedrige Bodentemperaturen wie im Südatlantik.

Im Atlantik nimmt die Temperatur von 2750 m bis zum Boden allmähig ab, dagegen findet man im Westpazifik eine ganze Anzahl untermeerisch abgeschlossener Becken, welche schon in geringeren Tiefen ihr Minimum haben. So reicht die invariable Wärmeschicht

in der Chinasee von 1800 m — 3800 m mit $2,8^{\circ}\text{C}$.

„ „ Sulusee „ 900 m — 4500 m „ $10,2^{\circ}\text{C}$.

„ „ Celebessee „ 1400 m — 3800 m „ $3,7^{\circ}\text{C}$.

„ „ Bandasee „ 1800 m — 4200 m „ 3°C .

Wird das Seewasser unter -3°C . abgekühlt, so gefriert es. Hierbei theilt es sich in einen flüssigen Theil, welcher reicher an Chlorverbindungen ist, und in das feste Eis, in dem die Schwefelverbindungen vorherrschen. Das Eis entsteht als ein Brei lose zusammenhängender Eiskrystalle, zwischen denen eine konzentrirte Soole vertheilt ist. Beim Weiterfrieren bilden sich die Eiskrystalle unter der zuerst entstandenen Decke, infolgedessen ist das so gebildete Eis ziemlich salzfrei.

Das spezifische Gewicht des Eises ist 0,917; infolgedessen schwimmt dasselbe so im Seewasser, dass $\frac{1}{7} - \frac{1}{10}$ des Eisvolumens über den Wasserspiegel herausragt. Die Dicke des in einem arktischen Winter gebildeten Eises beträgt 1—2,5 m.

Im Beginn des Sommers wird die Eisdecke zerbrochen, ein Theil der Schollen wird an der Küste zu dem oft ziemlich mächtigen Packeisgürtel aufgestaut, während ein anderer Theil als Treibeis ins offene Meer geräth und weit hinaus transportirt wird. Die Grenze, bis zu welcher Seeis geflüsst wird, ist noch nicht genauer untersucht, denn die sogenannte Treibeisgrenze wird wesentlich durch die viel grösseren und langsam schmelzenden, festländisch entstandenen Eisberge markirt.

Aus allem bisher Gesagten ergibt sich also, dass das Seewasser -3°C . bis $+31^{\circ}\text{C}$. warm sein kann,

zweitens, dass die Schwankungen der Temperatur nur sehr langsam erfolgen,

drittens, dass von einer bestimmten Tiefe bis zum Meeresboden konstante Temperaturen herrschen.

Betrachten wir jetzt, in welcher Weise die Organismen von den Temperaturen des Meeres abhängig sind, so müssen wir mit MOEBIUS²⁾ die marinen Lebewesen in eurytherme und stenotherme einteilen. Eurytherme Pflanzen und Thiere können beträchtliche Temperaturschwankungen ertragen. Stenotherme Organismen sind an konstante Temperaturen gewöhnt und sterben, sobald sich die Temperatur wesentlich und rasch verändert.

1) V. BOGUSLAWSKY, l. c. S. 310.

2) Rede auf der Naturforscher-Vers. zu Hamburg 1876.

Wäthter, Einleitung in die Geologie.

Viele Algen des Litoralgebietes¹⁾ sind eurytherm. *Corallina officinalis*, *Ralfsia verrucosa*, *Fucus vesiculosus*, *Nemalion lubricum*, *Polysiphonia nigrescens* können eine sehr beträchtliche Temperaturerhöhung vertragen, ohne zu leiden. Ja manche Arten der Ostsee leben noch bei 30° C.

Andere Algen der Ostsee sind stenotherm und sterben bei Temperaturschwankungen von wenigen Graden sehr rasch. Für viele Arten ist eine niedrige Temperatur sehr günstig, und mitten im Winter ist der Boden der Ostsee bei 0° C. mit einer üppigen Vegetation bedeckt, deren Sporen schon bei Beginn des Frühlings reifen.

Während LORENZ den Einfluss der Temperatur auf die Vertheilung der Algen im Quarnerischen Golfe nachweisen zu können glaubte, konnte BERTHOLD im Golf von Neapel nicht finden, dass die Höhe der Temperatur für die marine Vegetation von Bedeutung sei. Für die grosse Mehrzahl²⁾ der Algen an der Oberfläche fällt die Vegetationsperiode auf die Zeit vom Spätherbst bis Sommeranfang; dagegen gedeihen die Algen in der Tiefe am besten während des Sommers.

Zahlreiche, im Allgemeinen im Winter vegetirende Gattungen, wie *Bryopsis*, *Callithamnium*, *Griffithia*, *Plocamium* treten an stark beschatteten Orten erst im Hochsommer auf.

Während die meisten festländischen Thiere Warmblüter sind und sich durch Pigmente und Schweisssekretion gegen allzu grosse Hitze, durch Fettpolster, Haare und Federn gegen die Kälte schützen, gehören die meisten Meeresthiere zu den Kaltblütern, oder besser gesagt, zu den „wechselwarmen Thieren.“ Denn ihre Temperatur verändert sich mit wechselnder Wasserwärme und ist in der Regel nur 1–2° C. wärmer als ihre Umgebung. *Spalangus purpureus*³⁾ aus 38 m bei 8,6° C. hatte eine Körpertemperatur von 10,96°, während *Trigla hirundo* bei 12° C. Seetemperatur 12,75° C. Körpertwärme besass.

Infolgedessen hat die Temperatur der Umgebung in ihrer Höhe und in ihren Schwankungen einen viel grösseren Einfluss auf das Leben der Wechselblüter, und so darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn die meisten Meeresthiere stenotherm sind.

Da nun der Einfluss der wechselnden Jahreszeit auf die Temperatur der See unterhalb 400 m endet, und von da ab eine unveränderliche Temperatur herrscht, so werden festsitzende oder wenig bewegliche Thiere in einiger Tiefe kaum in die Lage kommen, Temperaturveränderungen kennen zu lernen.

Andererseits wird ihrer geographischen Verbreitung eine Grenze gesetzt durch Linien gleicher Temperatur des Seewassers: Isothermen.

Aber man versteht gewöhnlich unter Isotherme eine Linie gleicher mittlerer Temperatur. Solche Linien haben aus den oben angeführten Gründen⁴⁾ keine Bedeutung für die Vertheilung mariner Organismen; denn eine Lokalität, deren Temperatur zwischen +10 und +30° C. schwankt, hat dieselbe mittlere Temperatur von +20° wie eine andere Stelle, welche nur +18 und +22° C. zeigt. In dem letzteren Falle

1) OLTMANN, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 356.

2) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 428.

3) MARTINS Ann. Sc. Nat. 3. Serie, V. S. 187.

4) SEMPER, Existenzbed. d. Thiere I, S. 127.

können alle stenothermen Thiere wohlgedeihen, die in dem ersten Fall bei derselben mittleren Temperatur nicht würden leben können.

Infolgedessen hat DANA¹⁾ vorgeschlagen, die Meerestemperaturen in Linien gleicher Minimaltemperatur: Isokrymen anzugeben. Denn die Linien „gleicher Kälte“ sind bionomisch ungemein viel wichtiger als die Linien gleicher Mitteltemperaturen.

Die Vertheilung der Meeresalgen ist vielmehr vom Lichte als von der Temperatur abhängig. *Scinaia* gedeiht ausgezeichnet noch bei 25° C. Wasserwärme, und die Tangflora der Polarmeere ist bei 0° C. noch eine sehr üppige.

Auch für die Meeresthiere ist die absolute Temperaturhöhe ganz gleichgiltig. Am Boden der Tiefsee und in den Polarmeeren herrscht eine Temperatur von 0° C. oder weniger, und dennoch ist hier das Thierleben unendlich reich. Aus 4754 m Tiefe brachte ein Netzzug 50 Thiere in 27 Arten und 25 Gattungen herauf.

Ein Theil²⁾ der pelagischen Thierwelt scheint gegen Schwankungen der Temperatur und gegen direkte Besonnung unempfindlich zu sein. Aber im Allgemeinen ist in den Tropen am Tage die Oberfläche des Meeres wenig bevölkert. Es macht einen überraschenden Eindruck, wenn man in dem klaren Wasser am Rande der Korallenriffe so wenig pelagische Thiere sieht, und wenn dieselbe Stelle des Nachts von dem phosphoresizirenden Glanze unzähliger Thiere erleuchtet wird.

Die Annahme liegt nahe, dass die hohe Temperatur der obersten Wasserschicht den treibenden Geschöpfen unangenehm ist und dass sie auch deshalb am Tage in einiger Tiefe schwimmen.

Dagegen findet man in der Thierwelt des Strandes viele eurytherme Thiere.

Anfang August 1885 beobachtete RICHET³⁾ auf dem Strande von Roscoff, bei Ebbe vereinzelte Seewassertümpel, in denen die Temperatur auf 27° C. stieg, während das Meer nur 15° C. warm war. Trotzdem lebten in diesen Tümpeln: Krabben, Einsiedlerkrebse, Fische, Aktinien, Spongien und Schnecken, ohne unter der hohen Temperatur zu leiden. RICHET bestimmte die Körpertemperatur eines in 15° warmem Wasser lebenden Seeigels zu 15°, während die in den warmen Pfützen lebenden Thiere 22–25° C. Körperwärme besaßen. Später hat FRENZEL⁴⁾ die Temperaturen bestimmt, welche einzelne Litoralthiere aushalten ohne zu leiden und fand, dass

<i>Antedon</i>	bei 30° stirbt,
<i>Diopatra</i>	„ 40° „
<i>Terebella</i>	„ 30° „

Aplysia kann bei 26° leben, *Pleurobranchaca* stirbt rasch bei 40°, *Murex* verträgt eine Wärme von 30° lange Zeit, auch *Pecten* geht bei 30° nicht sofort zu Grunde. *Scyllarus* verendet langsam bei 26°, *Palaemon* stirbt bei 26°, *Hippocampus* verträgt 30° mehrere Stunden lang.

1) Sillim. Americ. Journal 1853, S. 153.

2) CHUN, Die Pelagische Thierwelt. S. 62.

3) Archives de Zool. Experim. 2, III., 1885, S. VI.

4) Archiv für Physiologie 1885, S. 463.

Diesen pelagischen und litoralen eurythermen Thieren steht die Mehrzahl der anderen Meeresthiere als stenotherm gegenüber.

Die Bewohner der Meeresoberfläche und der Flachsee in der tropischen und der gemässigten Zone müssen relativ beträchtliche Wärmeschwankungen ertragen können. — Aber die Bewohner des tieferen Wassers, und der Polargebiete leben in einem Element, dessen Temperatur überaus konstant ist.

Betrachten wir zuerst die Polargebiete, so müssen wir auf den tiefgreifenden Gegensatz aufmerksam machen, der zwischen den Landorganismen und den Meeresthieren und Pflanzen dieser Region besteht. Wir sind gewohnt, mit zunehmender Breite ein Verkümmern und endliches Verschwinden des Pflanzenwuchses zu beobachten. Nur während der kurzen Sommertage spriesst auf Spitzbergen und Grönland eine ärmliche Flora aus dem Boden, und auf den Eisfeldern der höheren Breiten lebt nur noch *Protococcus nivalis*, jene kleine rothgefärbte Alge.

Auch das Thierleben wird ärmer. Die meisten Pflanzenfresser und Insekten verschwinden, und nur einige Wasservögel finden sich noch in beträchtlichen Schaaren. Mit Unrecht hatte man früher aus der Analogie festländischer Bewohner auf die Organismenwelt des Meeres geschlossen. Unter -3°C . kann sich das Seewasser im hohen Norden nicht abkühlen und im August 1889 beobachtete KUECKENTHAL¹⁾ bei Spitzbergen als Wassertemperatur $3,2^{\circ}\text{C}$. Die grössten Schwankungen der Wasserwärme betragen also hier $6,2^{\circ}\text{C}$. Kein Wunder, dass sich unter solch günstigen Existenzbedingungen eine ungemein reiche Fauna in den Polarmeeren entwickelt.

Das Eismeer²⁾ bei Spitzbergen ist an manchen Stellen wegen der darin lebenden Millionen von Thieren buchstäblich wie ein Brei; an der schwedischen Küste sucht man vergeblich nach einem solchen Reichthum üppigster Entwicklung.

In den Tangwiesen³⁾ am Strande, in den Wäldern der riesigen Laminarien treiben Millionen von Krebsthieren ihr Wesen und, durch die stets gleiche Temperatur begünstigt, erreichen sie eine ungewöhnliche Grösse. An Steinen und am Meeresgrunde leben Muscheln und Schnecken — es sind theilweise dieselben wie in unserer Ostsee, aber sie zeigen meist einen kräftigeren Bau.

Bei den Ryk-Ys-Inseln fand KUECKENTHAL⁴⁾ in 90 m den Meeresboden ganz bedeckt mit Kalkbryozoen. Dazwischen lagen runde Kieselschwämme von Apfelgrösse, Sykonen mit langen, mit Kalknadeln besetzten Oscula, Hydroidpolypen und Echinodermen. Einen ganz ähnlichen Reichthum an Thieren zeigt das südliche Eismeer. PFEFFER⁵⁾ hat die Fülle der interessanten Litoralfornen dieses Gebietes beschrieben und gezeigt, wie mannichfaltig die Fauna des Antarktik ist. Die Faunen wechseln auf kurze Entfernung so, dass man kaum von zirkumpolaren Formen sprechen kann.

1) KUECKENTHAL, Deutsche Geogr. Blätter 1890, S. 89.

2) PETERMANN'S Mitth. Bd. 16, S. 143.

3) PANSCH, PETERMANN'S Mitth. Bd. 17, S. 222.

4) l. c. S. 54.

5) Die niedere Thierwelt des antarkt. Ufergebietes, S. 10.

Nur eine eigentliche Strandfauna und Strandflora ist im Polargebiet nicht vorhanden. Denn die dicken Packeismauern, welche die Felsen des Strandes während des Winters umhüllen, und deren Schollen während jeden Sturmes scheuernd und reibend an der Felsenküste arbeiten, verhindern den Ansatz jeder Strandflora und die reichere Entfaltung des litoralen Thierlebens. Daher findet man die *Laminaria*¹⁾ an den arktischen Küsten in viel tieferem Wasser als an dem Litoral von Frankreich; und die reiche Fülle festsitzender, eingeborhter, kriechender und laufender Thiere, welche die Strandregion der gemässigten und wärmeren Zonen bevölkern, leben im Polarmeer unterhalb der Region, welche von den Eisschollen berührt werden kann.

Ungemein zahlreich dredgt man im Polargebiet besonders Echinodermen. Ihre Masse²⁾ ist bisweilen geradezu staunenerregend, und wo eine Art in grösserer Menge vorkommt, da lebt sie gewöhnlich allein mit Ausschluss anderer Arten. So findet man schaarenweise: *Cribella*, *Stichaster*, *Ctenodiscus*. Bei vielen arktischen und antarktischen Thieren ist die Entwicklung stark abgekürzt und in Zusammenhang damit ist oftmals eine ausgebildete Brutpflege vorhanden. Wir sehen also, dass die absolute Höhe der Temperatur für das marine Thierleben von untergeordneter Bedeutung ist, und dass die niedrige aber konstante Temperatur der polaren Meere eine ungemein reiche und kräftige Fauna entwickelt.

Dieselben Bedingungen einer zwar niedrigen, aber konstanten Temperatur bietet uns die Tiefsee dar. Und so darf es uns nicht wundern, wenn wir viele Thiere, welche im hohen Norden in der Flachsee leben, in südlicheren Breiten in grossen Tiefen wiederfinden.

Die Tiefe³⁾, in welcher manche Seethiere leben, nimmt mit abnehmender Breite zu, ähnlich wie auf dem Festland nördliche Thiere und Pflanzen in niederen Breiten grössere Höhen bewohnen. So findet man *Moiria atropos*, *Echinocardium Kurtzii*, *Echinocardis punctulata* in der Floridastrasse bis 225 m tief, während erstere beiden bei Nordcarolina, letztere bei Cap Cod der Litoralfauna angehören.

Ebenso fand STUDER⁴⁾: einen wesentlichen Einfluss auf die Tiefenfauna Westafrikas scheint der Umstand zu haben, dass in Folge des weit nach Norden heraufreichenden Südpolarstromes die Temperatur, nach der Tiefe zu, sehr rasch abnimmt. Dadurch erhält schon die Fauna geringer Tiefen den Charakter der gemässigten Zone, und die Abyssalfauna steigt bis 650 m herauf.

Zwischen den Cap Verden und dem Aequator sind einige Temperaturinseln mit kälterem Wasser. Hier fand STUDER in 70–108 m folgende nordatlantische und mediterrane Formen:

Chaetaster longipes

Luidia Sarsii

Astropecten platycanthus

— *irregularis*

— *subinermis*

Pectinura semicincta

Ophiolepis affinis

Ophiomyxa flaccida

Dorocidaris papillata

1) DE SEDE, Revue Scient. 1884, S. 210.

2) NORDENSKJÖELD, PETERMANN'S Mitth. XXIII, S. 61.

3) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 9, S. 10.

4) Zoolog. Anzeiger 1882, S. 355.

Aber das berühmteste Beispiel für die Abhängigkeit der Meeresfauna von der Temperatur ist der Wyville-Thomson-Rücken im Faeroekanal ¹⁾.

Im Norden der Hebriden erstreckt sich von der Insel Rona aus nach NW. ein submariner Rücken von 160 km Länge, 16 km Breite und 450—500 m Tiefe. An einer Stelle ist ein 10 km langer Sattel von 550—600 m Tiefe. Auf beiden Seiten vertieft sich das Meer bis 1100 m und mehr. Der Rücken besteht aus Steinen und Geröllen. Nordöstlich von ihm, in der vorliegenden Kalten Area besteht der Boden aus Blauschlamm, südwestlich in der Warmen Area aus weicherem Grauschlamm. Der Rücken scheint ein Theil eines Höhenzuges zu sein, welcher von Schottland nach Island und Grönland mit geringen Meerestiefen hinüberstreicht.

In der südwestlich vom W.-Th.-Rücken gelegenen Warmen Area sinkt die Temperatur ziemlich rasch bis auf 9°, dann fällt sie sehr langsam, um am Boden 6,5° zu erreichen.

In der Kalten Area nordöstlich vom Rücken fällt die Temperatur von 9° ab beständig und beträgt am Boden —1°.

Folgendes Schema mag die Verhältnisse erläutern:

Tiefen	Temperaturen in C°		
	Warme Area	Rücken	Kalte Area
0 m	12,5°	12,5°	12,5°
90 m	10°	9,5°	9°
180 m	9°	8,5°	9°
270 m	9°	9°	8,5°
365 m	9°	8,5°	8,5°
450 m	8,5°	8°	8,5°
550 m	8,5°	Bodenschwelle	8°
640 m	8°	des Wyville-	0°
730 m	7,5°	Thomson-Rückens.	—1°
820 m	6,5°		—1°

Die Erklärung dieser auffallenden Temperaturunterschiede beiderseits der Höhenschwelle ist einfach: Vom Nordpolarmeer fließt das kalte, schwere Wasser am Seeboden entlang nach Südwest. Im Faeroekanal bildet der W.-Th.-Rücken eine Schranke für das Weitervordringen des Polarwassers und nur in dem obenerwähnten Sattel von 600 m Tiefe fließt ein schmaler Kaltwasserstrom in die Warme Area hinüber. Aber zugleich dringt warmes Wasser in der ganzen Breite des Rückens nach NO. vor, so dass ein regelmässiger Austausch existirt. Das Wasser des Atlantik fließt nach NO. über die ganze Fläche des Rückens in die Kalte Area, während über den schmalsten Theil desselben ein kleiner Ausfluss kalten Wassers nach dem Atlantik dringt. Trotz dieses Austausches in den oberen Regionen, behalten die tiefen Areale ihre verschiedene Temperatur.

Ebenso verschieden wie die Temperaturen der beiden Areale ist nun ihre Fauna. Die Bewohner der Kalten Area sind ein Theil der polaren Thierwelt, und stimmen mit den Bewohnern höherer Breiten vollkommen überein. Dagegen wird die Warme Area von südlichen, atlantischen Formen bewohnt, so dass hier auf 10 km Breite

1) TIZARD, Proc. Roy. Soc. London 1883, S. 205.

zwei Faunen aneinanderrücken, welche an anderen Stellen nur durch viele und allmähliche Uebergänge verbunden werden.

Oftmals hat man die Beobachtung gemacht, dass eine rasche Temperaturniedrigung den Seethieren überaus schädlich ist. Wenn die ersten kalten Nächte das Seewasser in den Aquarien der Zoologischen Station zu Neapel abkühlen, dann sieht man überall sterbende und hinfallige Thiere. *Antedon* bricht in Stücke und geht zu Grunde, Seesterne und Seeigel liegen regungslos, Krebse werden träge, Mollusken verlieren ihre Energie.

Bei den Dredgearbeiten VERILL¹⁾ im Jahre 1881 ergab sich, dass infolge der grossen Stürme, welche das kalte Bodenwasser aufgewühlt und an die Küste getrieben hatten, viele sonst sehr häufige Crustaceen vollständig fehlten. *Euprognatha rastellifera*, *Catapagurus socialis*, *Pontophilus brevirostris*, die früher zu Tausenden gefangen worden waren, kamen nicht mehr lebend zur Beobachtung; und nach den Berichten der Fischer wurden damals auch viele Fische todt an der Meeresoberfläche gesehen.

Längst war es bekannt, dass Tiefseethiere, welche man aus 2000 und mehr Meter Tiefe erbeutete, nach dem Fang rasch an Bord des Schiffes starben. Man hatte angenommen, dass die enorme Druckverminderung diesen Tod herbeiführte. Allein die letzten Forschungen des Fürsten ALBERT von Monaco ergeben eine andere Erklärung dieses Problems. Während die im Atlantik gefangenen Tiefseethiere nach kurzer Zeit starben, lebten die im Mittelmeer aus derselben grossen Tiefe erbeuteten Thiere mehrere Tage lang, ohne irgend welchen Schaden zu leiden. Die atlantischen Thiere kamen aus einer Tiefentemperatur von 0° zu der 20° warmen Oberfläche; sie mussten also in kurzer Zeit eine Temperaturerhöhung von 20° aushalten und starben infolgedessen rasch. Wie wir oben schon erwähnten, herrscht am Boden des Mittelmeeres dagegen eine konstante Temperatur von 13°. Die aus dieser Tiefe erbeuteten Thiere erlitten nur eine Temperatursteigerung von 7°, welche nicht hinreichte, sie zu tödten, obwohl sonst in beiden Fällen dieselben Bedingungen herrschten.

Fassen wir alles bisher Gesagte zusammen, so kommen wir zu der Erkenntniss:

Der maassgebende Faktor für die Vertheilung der marinen Thiere ist die Temperatur des Wassers. Licht, Druck, Salzgehalt und Wasserbewegung sind untergeordnete Grössen und die absolute Höhe der Temperatur ist vollkommen gleichgültig gegenüber der Amplitude der Temperaturschwankungen. Die meisten Seethiere verlangen eine gleichmässige, nicht wechselnde Temperatur zu ihrem Gedeihen, und vermehren sich lebhaft, mag die Temperatur auch noch so niedrig sein. Dagegen wirkt jede rasche Veränderung der Temperaturhöhe schädigend auf die Thierwelt des Meeres ein.

Bei der hohen Bedeutung, welche die zuletzt aufgestellten Sätze für die marine Bionomie besitzen, mag zum Schluss die Geschichte dieser Erkenntniss kurz erzählt werden:

1) Americ. Journal 1882, II, S. 366.

1839 erkannten DANA¹⁾ und COUTHOUY²⁾, dass die Vertheilung der Korallenriffe an eine Minimaltemperatur von 20° C. geknüpft sei.

1843 beobachtete FORBES³⁾ im Mittelmeer, und

1844 OERSTEDT⁴⁾, dass neben der horizontalen Vertheilung der Meeresthiere auch ihre vertikale Vertheilung durch bestimmte physikalische Bedingungen begrenzt werde, und erkannten als Hauptfaktoren hierfür: Seeklima, Salzgehalt und Tiefe.

1848 sprach der englische Seeoffizier SPRATT⁵⁾ den Satz aus: Die Temperatur ist die erste Bedingung, welche die Vertheilung der marinen Fauna beherrscht.

1853 stellte DANA⁶⁾ das Prinzip der Isokrymen auf.

1846—1854 untersuchte M. SARS⁷⁾ die Norwegischen Meere und fand die Polarfauna südlich in grösseren Tiefen.

1863 erkannte LORENZ⁸⁾: Druck, Licht und Wellenbewegung sind sekundäre Momente in der Abgrenzung der marinen Faunenbezirke, während das Schichtenklima des Wassers den ersten Rang bei der Gestaltung der Meeresregionen einnimmt.

1868 untersuchten WYVILLE THOMSON und CARPENTER auf dem englischen Kriegsschiff „Lightning“ den Faeroekanal und fanden die Kalte und Warme Area.

1869—1870 setzten W. THOMSON, CARPENTER und GWYN JEFFREYS diese Beobachtungen auf der „Procupine“ fort.

1883 untersuchten MURRAY und TIZARD die Temperaturen des W.-Th.-Rückens genauer.

1872—1876 bestätigten die Naturforscher der Challengerexpedition W. THOMSON, MOSELEY, MURRAY, BUCHANAN die Theorie, auf ihrer Reise um die Welt.

Die Untersuchungen von MOEBIUS, STUDER, CHUN, BRANDT, ALBERT von Monaco u. A. haben die Resultate dieser englischen Expeditionen vielfach bestätigt.

1) DANA, Boston Journal Bd. IV. 1839.

2) COUTHOUY, Sillim Journal XLVII, S. 123. 1839.

3) FORBES, Rep. on the Moll. and Radiata of the Aegaeon Sea. 1843.

4) OERSTEDT, De regionibus marinis Havniae. 1844.

5) SPRATT, Rep. Brit. Assoc. Adv. Sc. Swansea 1848, S. 81.

6) DANA, Americ. Journal 1853, S. 153.

7) SARS, Fauna litoralis Norwegiae. 1846, 1854.

8) LORENZ, Physik, Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien 1868. S. 10.

7. Der Einfluss des Salzgehaltes.

Das meteorische Wasser, welches als Regen, Schnee, Thau und Hagel zur Erdoberfläche herabfällt, ist gewöhnlich frei von allen Salzen.

In der Nähe des Meeres kann der NaClgehalt der Luft auf 3,5 % steigen und hier bringt natürlich jeder Regen auch Salz mit herab, aber mit der Entfernung vom Meer, mit steigender Höhe, nimmt auch der Salzgehalt ab und verschwindet bald vollständig. Regen, welcher in den Alpen fällt, ist nahezu chemisch reines Wasser und auf elektrolytischem Wege konnte man zeigen ¹⁾, dass er weniger als 0,0002 % Salz enthalten muss.

Um so reicher ist der Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Gasen (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure) und zwar ist in der vom Regenwasser ²⁾ absorbirten Luft 33mal soviel Kohlensäure als in der Luft vorhanden.

Indem das Meteorwasser in den Erdboden eindringt und in der Erdrinde zirkulirt, löst es die leichtlöslichen Bestandtheile der Gesteine und tritt, beladen mit allerlei Stoffen, als Quelle zu Tage.

Die Quelle wird zum Bach, der Fluss zum Strom und dieser mündet endlich mit allen gelösten Stoffen in das Weltmeer.

Zwischen der chemischen Zusammensetzung der in den Ozean mündenden Ströme, und dem Salzgehalt des Seewassers bestehen mannichfache Gegensätze.

In fast allen Flüssen ³⁾ überwiegt in dem Gelösten Kalkkarbonat, welchem sich zunächst Kalksulphat, Chlornatrium, Magnesiakarbonat, Magnesiumsulphat und Kieselsäure anschliessen. Die Menge der Chloride, welche dem Meer durch die Flüsse zugeführt wird, ist relativ und absolut gering.

Vergleichen wir damit das Verhältniss, in welchem die gelösten Bestandtheile des Meerwassers zu einander stehen, so finden wir die Chloride überwiegend, Magnesia und Kalksalze in geringerer Menge und Kalkkarbonat nur in Spuren vorhanden. Mit anderen Worten, die

1) KOHLRAUSCH, Wiedem. Annalen XVII, 1882, S. 84.

2) ROTH, Allg. Chemische Geologie I, S. 44.

3) das. I, S. 460.

Flüsse der Gegenwart würden, wenn sie ein leeres Ozeanbecken erfüllten, ein wesentlich anders zusammengesetztes Salzmeer erzeugen.

Allerdings müssen wir bei Behandlung dieser Frage im Auge behalten, dass dem Meere beständig eine grosse Menge von Salzen entzogen werden. Viele Pflanzen und Meeresthiere scheiden Kalk und Kieselsäure in ihren Geweben ab und häufen diese Stoffe lokal in mächtigen Lagern an.

Aber selbst wenn wir die Summe solcher organischen Absätze von der Summe der durch Ströme dem Meer zugeführten Salze abziehen wollten, so dürfte doch wohl immer noch ein anders zusammengesetztes Meer übrigbleiben, als der gegenwärtige Ozean ist.

Wir sind somit zu der Annahme gezwungen, dass bei der Bildung des Seesalzes andere Bedingungen mitwirkten, dass die Eigenschaften des jetzigen Meeres nicht allein durch die jetzt dem Meere zuströmenden Lösungen gebildet worden sind, sondern sich zum Theil aus Bedingungen längst vergangener Erdperioden herleiten und erklären.

Seit dem Beginn¹⁾ der geologischen Geschichte hat das Regenwasser die Atmosphäre von allen Bestandtheilen gereinigt, welche dieselbe in dampfförmigem Zustand enthielt; und als später der Kreislauf begann, welcher durch Verdunstung unaufhörlich Salzwasser in Süsswasser verwandelt und dieses in Gestalt von Flusswasser dem Meere wieder zuführt, hat das Wasser begonnen, die oberen Schichten der Erdrinde zu waschen, und alle löslichen Salze aus derselben dem Meere zuzuführen.

Im Durchschnitt findet man in 1000 Theilen Seewasser 34 Theile gelöstes Salz. Von diesen beträgt der Gehalt an NaCl 27 Theile, während nur 3 Theile $MgCl^2$, 2 Theile $MgOSO^3$ und $1\frac{1}{100}$ $CaOSO^3$ sind, und der Rest aus einer ganzen Anzahl anderer Salze besteht.

Während $3,4\%$ als Mittelwerth des Salzgehaltes des offenen Meeres betrachtet werden kann, zeigen flache oder küstennahe Meerestheile wesentlich verschiedene Salz mengen.

Der Salzgehalt wird in theilweise abgeschlossenen Meeren bei starker Verdunstung höher, er steigt im Mittelmeer auf $3,9\%$, im Rothen Meer auf 4% , ja sogar auf $4,3\%$.

Durch einmündende Süsswasserströme wird der Salzgehalt vermindert, und beträgt in der Ostsee an der Oberfläche:

Skagerak	$3,4\%$
Kattegat	2,2 „
Grosser Belt	1,8 „
Kiel	1,7 „
Rügen	1,0 „
Hela	0,7 „
Riga	0,6 „
Uleåborg	0,3 „

Der Salzgehalt²⁾ nimmt im Allgemeinen, von der offenen See aus, nach den Küsten hin ab.

1) THOULET, Océanographie. 1890, I., S. 208.

2) V. BOGUSLAWSKY, Handbuch der Ozeanographie 1884, I, S. 134.

Der Salzgehalt des offenen Meeres ist am grössten in den beiden Passatzonen, am kleinsten in der äquatorialen Kalmenregion.

Der Salzgehalt hängt ab von dem Grade der Verdunstung, und der Menge der Niederschläge; er steht in Wechselbeziehung zu den Strömungen an der Oberfläche, und zu der Vertikalzirkulation nach der Tiefe.

Da von allen Elementen das Chlor im Seewasser am meisten enthalten ist, bestimmt man neuerdings den Chlorgehalt χ , um damit den Salzgehalt zu charakterisiren. In verschiedener Tiefe¹⁾ hat nun χ im Nordatlantik folgende Grösse:

Oberfläche = 18,2—20,7	900 m = 19,5 — 19,7
90 m = 19,6—20,6	1100 m = 19,7
180 m = 19,5—19,8	2200 m = 20,1
360 m = 19,3—20,2	3800 m = 19,4
550 m = 19,5—20,1	5500 m = 19,3
730 m = 19,5—19,9	7000 m = 19,6

Wenn wir also von den obenerwähnten, theilweise abgeschlossenen, Meeresbecken und dem Mündungsgebiet grösserer Ströme absehen, so finden wir, dass das Weltmeer in verschiedenen Breiten und verschiedenen Tiefen doch einen überaus konstanten Salzgehalt besitzt, der nur lokal beträchtliche Abweichungen zeigt.

Dem gegenüber ist der Salzgehalt theilweise abgeschlossener Randmeere nicht nur an der Oberfläche, sondern auch nach der Tiefe zu, verschieden. Süsswasser ist leichter als Salzwasser und schwimmt daher auf diesem. Infolgedessen ist die Verbreitung des Süsswassers an der Mündung von Flüssen oberflächlich eine viel grössere, als in der Tiefe. An der Petschoramündung fand der „W. BARENTS“ das Oberflächenwasser so süss, dass *Beroc*, *Appendicularia*, *Mysis*, *Limacina* 3—5 m tief schwammen, da sie erst in dieser Tiefe normales Seewasser fanden. Ein interessantes Beispiel für diese wechselnde Vertheilung des Salzgehaltes in verschiedener Tiefe bietet wiederum die Ostsee, von deren Oberflächenwasser wir oben berichteten, dass es vom Skagerak bis nach Uleåborg eine stete Versüssung erkennen lässt.

Im grossen Belt²⁾ findet man bei 66 m Tiefe eine nach N. gerichtete Oberflächenströmung von 20 m Dicke, deren Salzgehalt 1‰ beträgt. Von 20 m bis zum Grunde aber fliesst ein nach S. gerichteter Unterstrom, dessen 3‰ Salz haltendes Wasser bis zur Linie Darsserort-Falster leicht verfolgt werden kann.

So finden wir also hier übereinander die Bedingungen, welche wir sonst am Rande der Meere nebeneinander beobachten, und an derselben Lokalität lebt übereinander die Fauna des normalen Seewassers, des halbsüssen Brackwassers und vielleicht reinen Süsswassers.

Solche Verhältnisse sind geeignet, manches Vorkommen von See- mit Süsswasser-Thieren zu erklären.

In dem sandigen Sediment³⁾ einer Bucht bei Brisbane vereinigen sich die Reste von Cetaceen, Marsupialien, Vögeln, Fischen, Insekten, Landschnecken, *Cardium*, *Ostrea* und Medusen. Da die oberste Wasser-

1) DITTMAR, Chall. Rep. Phys. Chem. I, S. 43 f.

2) v. BOGUSLAWSKY, Ozeanographie I, S. 166.

3) CHALLENGER, Rep. Narrative I, S. 460.

schicht durch den dort mündenden Hawkesburyfluss süßes, die tieferen salziges Wasser enthalten, so sind ausserdem hier alle Bedingungen gegeben für die Umwandlung von marinen Organismen in Süßwasserthiere.

Eine andere, nicht minder interessante Erscheinung zeigen uns solche Meere, welche mit dem Ozean nur durch eine enge Strasse verbunden sind und wo durch starke Insolation und geringe Süßwasserzuflüsse der Salzgehalt höher ist, als in dem benachbarten Weltmeere.

Durch die Strasse von Gibraltar in das Mittelmeer, und durch Bab el mandeb in das Rothe Meer treten oberflächliche Strömungen hinein, welche den Ausgleich der verschiedenen dichten Wasser herbeizuführen bestrebt sind. Beide Meere sind durch einen hohen Salzgehalt und durch eine sehr reiche Fauna ausgezeichnet. Da die meisten schwimmenden, und vor allem die Larven¹⁾ der festsitzenden Thiere dicht unter der Oberfläche schwimmen, so werden in beide Nebenmeere sehr viel mehr Thiere eingeführt, als durch den Unterstrom salzreicheren Wassers wieder hinaustransportirt werden können. Die Oberflächenfauna im Golfe von Neapel wird jedesmal reicher, wenn durch westliche Stürme der Oberflächenstrom von Gibraltar verstärkt worden ist, und so scheint es, als ob der Faunenreichtum des Mittelmeeres nur indirekt durch den grösseren Salzgehalt bedingt sei.

Ebenso übereinstimmend wie die absolute Menge des Salzes in verschiedenen Gebieten des Ozeans, ist das Verhältniss der einzelnen Bestandtheile zu einander. Diese von FORCHHAMMER zuerst erkannte Erscheinung ist durch alle späteren Arbeiten nur bestätigt worden. In 20 verschiedenen, von DITTMAR geschöpften und analysirten Seewasserproben fand man:

Chlor:	55,19—55,59	im Mittel:	55,41	%
Na ² O:	41,21—41,65	" "	41,43	"
SO ³ :	6,36—6,47	" "	6,41	"
Mg O:	6,11—6,30	" "	6,21	"
Ca O:	1,58—1,82	" "	1,69	"
K ² O:	1,24—1,42	" "	1,33	"

Es ist diese Thatsache von fundamentaler Bedeutung für die Organismen des Meeres, welche überall in einer Lösung leben, deren einzelne Bestandtheile dieselben sind, mag der absolute Salzgehalt noch so sehr wechseln.

Bekanntlich leben im Meere andere Pflanzen und Thiere als im Süßwasser, und man hat Versuche angestellt, um zu ergründen, welcher von den Bestandtheilen des Seewassers für marine Thiere nothwendig, für Süßwasserthiere schädlich ist, und wie dieser Schaden einwirkt.

PLATEAU, RICHET und BERT²⁾ fanden, dass Seewasser nur solchen Süßwasserthieren schadete, welche eine dünne Haut und äussere Kiemen besaßen. Süßwasserfische können sich durch Ausscheidung von Schleim gegen den Einfluss des Salzes schützen.

1) SEMPER, Existenzbed. der Thiere I, 177.

2) Comptes Rendues Acad. Paris T. 73, S. 385, 467.

T. 90, S. 1167.

T. 97, S. 134, 468.

Der dritte Theil des im Meerwasser enthaltenen Salzes genügt, um den Tod der meisten Süßwasserthiere herbeizuführen, selbst wenn man das Salz sehr allmählig zusetzt. *Daphnia pulex* starb auch, aber nach einigen Tagen entwickelten sich aus den übrigbleibenden Eiern neue Daphnien, welche eine weitere Steigerung des Salzgehaltes ohne Schaden ertrugen. Das Individuum geht zu Grunde, aber die Art passt sich an.

Bei diesem Absterben spielt die Dichtedifferenz der beiden Lösungen keine Rolle, auch die Sulphate sind wirkungslos, und nur das NaCl und MgCl bewirkten den Tod.

Ebenso fand PLATEAU, dass litorale Krebse in Süßwasser spätestens nach 9 Stunden starben, andere, im Meere lebende Krebse verloren durch Einsetzen in Süßwasser das Salz aus ihren Geweben; kleinere und frisch gehäutete Exemplare starben rascher als grosse Formen, oder solche mit ausgebildeten Panzern. Auch hier war es leicht nachzuweisen, dass allein der Mangel an NaCl und MgCl die Seethiere tödtete, während sie die Abwesenheit von Sulphaten ohne Schaden ertrugen.

Wir müssen uns erinnern, dass alle Thiere einen bestimmten Gehalt an NaCl in ihren Geweben nöthig haben, so dass es fast scheint, als ob dieses, in Blut und Lymphe selbst der Landthiere vorhandene NaCl als ein Erbstück¹⁾ der marinen Vorfahren der luftathmenden Thiere betrachtet werden dürfe.

FREDERICQ beobachtete²⁾, dass der Salzgehalt in der Lymphe von Krebsen eine auffallende Uebereinstimmung zeigt mit dem Salzgehalt des umgebenden Süß-, Brack- oder Seewassers. Er fand bei *Carcinus maenas* bei 0,9 ‰ Salz im Seewasser 1,65 ‰ Salz im Blut,

"	1,3	"	"	"	"	1,56	"	"	"	"
"	1,9	"	"	"	"	1,99	"	"	"	"
"	3,40	"	"	"	"	3,00	"	"	"	"

ebenso beobachtete KRUKENBERG, dass die Flüssigkeit in der Gallertscheibe der Medusen, bezüglich ihres Salzgehaltes ausnahmslos eine grosse Uebereinstimmung mit dem umgebenden Seewasser aufweist. *Aurelia aurita* enthält

1,59 ‰ Salz im Blut bei	1,27 ‰ Seesalz im Wasser,
1,98 " "	1,93 " "
2,22 " "	2,09 " "

Wenn man bedenkt, dass eine ganze Anzahl von Tiergruppen die Fähigkeit haben, Seewasser direkt in den Körper aufzunehmen, z. B. die Echinodermen durch den Steinkanal in das Wassergefäßsystem, Schnecken durch die Hautporen in das Blutgefäßsystem, so versteht man leicht, dass die meisten Thiere des Meeres sich allmählig so sehr an einen bestimmten Salzgehalt gewöhnen, dass jede schnelle Veränderung desselben ihnen schadet, und oft rasch ihren Tod herbeiführt.

Die meisten Meeresthiere zeigen in dieser Hinsicht ein ähnliches Verhältniss wie in Betreff der Körpertemperatur, welche ja noch viel mehr von der Temperatur der Umgebung beeinflusst wird, als solches

1) BUNGE, Physiol. Chemie 1889, S. 120.

2) KRUKENBERG, Vergl. Physiol. Studien 1887, IV, I, S. 3.

bei den höheren Landthieren der Fall ist. Mit Rücksicht auf die Fähigkeit, in verschieden salzigem Wasser zu gedeihen, müssen wir die Organismen des Meeres in drei Gruppen eintheilen¹⁾: stenohaline, euryhaline und brackische Formen.

Stenohaline Organismen sind solche, welche nur bei dem normalen Salzgehalt von 3—4 ‰ zu leben vermögen, und bei einer Salzverminderung absterben.

Euryhaline Organismen können ohne Schaden eine beträchtliche Aussüßung des Wassers vertragen, sie bedürfen des Seesalzes, aber nicht eines bestimmten Prozentsatzes.

Brackwasser-Organismen sind solche, welche ausschliesslich in halbsüßem Wasser gedeihen, denen eine Steigerung des Salzgehaltes ebenso schädlich ist, wie eine Verminderung desselben.

Betrachten wir zuerst die Meerespflanzen, so sehen wir in den meisten Diatomeen brackische Organismen. Da sie²⁾ am besten in solchen Meeren gedeihen, deren Salzgehalt durch einfließende Ströme vermindert ist, so bilden die wärmeren salzigeren Zonen des Ozeans scharfe Grenzen für ihre Verbreitung.

Im Golf von Neapel unterscheidet BERTHOLD³⁾ bei den höheren Algen solche Formen, welche nur in verunreinigtem Wasser (brackisch), solche, die nur in reinem Seewasser (stenohalin), und solche, die unterschiedslos an beiden Standorten (euryhalin) vorkommen. OLTMANNS⁴⁾ hat den Einfluss des Salzgehaltes auf die Algenflora des Meeres durch Züchtungsversuche studirt und dabei gefunden, dass die Geschwindigkeit des Salzwechsels für das Gedeihen der Flora einen hervorragenden Einfluss besitzt. Wo eine Veränderung im Salzgehalt des Wassers langsam erfolgte, da war die Algenvegetation reich, aber jeder rasche Wechsel im Salzgehalt wurde den Pflanzen schädlich.

Infolgedessen vermuthet OLTMANNS, dass die Verarmung und Verkümmern der Ostseeflora nicht allein auf Rechnung des abnehmenden Salzgehaltes zu setzen ist, sondern zum Theil auch zurückgeführt werden müsse auf den mit dieser Abnahme nothwendig verknüpften relativ grösseren Salzwechsel. Wenn in der Nordsee die Konzentration des Wassers von 3 ‰ auf 3,25 ‰ steigt, so bedeutet das eine Vermehrung des Salzes um 8 ‰, wenn wir aber heute in der Ostsee 1 ‰ und morgen 1,25 ‰ Salz finden, so beträgt der Aufschlag 25 ‰. Mit den Konzentrationsänderungen geht sicher eine Aenderung des Turgors im Innern der Gewebe Hand in Hand. Eine Nordseealge braucht unter den gedachten Verhältnissen also ihren Turgor nur ein Drittel so viel zu verändern wie eine Ostseealge, um sich den neuen Dichteverhältnissen anzupassen.

So kommt OLTMANNS zu der Ansicht, dass die stenohalinen Formen ihren Turgor nur um 10 ‰ in kurzer Zeit verändern können, während euryhaline Formen im Stande sind, rasche Turgorschwankungen bis 50 ‰ ohne Schaden zu ertragen. Und somit gestaltet sich die Frage nach dem Salzbedürfniss der Meeresalgen immer entschiedener zu einer Turgorfrage, also einer Frage der Physiologie der Gewebe.

1) MOEBIUS, Ann. Mag. Nat. Hist. 4, XII, 1873, S. 83.

2) ANTELMINELLI, Chall. Rep. Botanik, Vol II, S. 11.

3) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 434.

4) OLTMANNS, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1891, S. 404.

Die Seegräser¹⁾ sind sehr euryhalin, denn sie dringen weit in die Aestuarien der Flüsse hinein ohne zu leiden, während sie in süßem Wasser nicht zu leben vermögen.

Im Thierreich des Meeres sind stenohaline, euryhaline und brackische Formen vertreten, doch überwiegen die ersteren in allen Gruppen. Die früher angeführten Versuche OLTMANN'S, welche zeigen, dass Meeressalgen eine allmähliche Veränderung des Salzgehaltes leicht ertragen, aber von jedem raschen Salzwechsel leiden, sind für die Meeresthiere von BEUDANT²⁾ unternommen worden. Wenn marine Mollusken plötzlich in süßes Wasser gebracht wurden, starben fast alle Arten, während allmähliche Zufügung von süßem Wasser zum salzigen, bis dieses nach einigen Monaten ganz süß geworden war, von manchen Arten ertragen wurde. Unter 610 Individuen verschiedener Arten, die allmählich an süßes Wasser gewöhnt wurden, starben nur 37 %, während von der gleichen Zahl derselben Arten, die beständig, und gleichzeitig mit jenen, in Seewasser gehalten wurden, 34 % starben. Die Sterblichkeit in der an ein fremdes Element gewöhnten Gruppe von Thieren war also nur 3 % grösser.

Folgende Formen: *Patella vulgata*

Turbo neritoides

Purpura lapillus

Arca barbata

Venus maculata

Cardium edule

Ostrea edulis

Mytilus edulis

Balanus striatus,

in deren Wasser am 1. Januar zuerst etwas Süßwasser zugeleitet worden war, und die sich am 1. September schon in ganz salzfreiem Wasser befanden, lebten darin 2 Wochen, ohne Schaden zu leiden.

Aus diesen Versuchen geht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Meeresthiere nicht an eine absolute Salzmenge gebunden sind, sondern dass ihr stenohalines oder euryhalines Verhalten wesentlich darin beruht, dass sie leichter oder schwerer im Stande sind, den Salzgehalt ihrer Gewebe gegen den des umgebenden Wassers auszugleichen. Nahe verwandte Formen verhalten sich in dieser Hinsicht oftmals sehr verschieden; *Megalopa*³⁾ stirbt sofort in Süßwasser, während *Euridice pulchra* mehrere Tage darin lebt.

Die Foraminiferen leben meist im reinen Salzwasser, doch findet man 44 Gattungen mit über 100 Arten in den Aestuarien britischer Flüsse. Hierbei werden die Schalen kalkarm und bestehen schliesslich nur aus Chitin.

Die Radiolarien sind meist stenohalin, ebenso die Spongien.

Von Medusen ist *Aurelia aurita* sehr euryhalin und dringt bis in den Memelfluss.

*Crambessa taji*⁴⁾ ist häufig an den atlantischen Küsten, liebt aber sehr die Flussmündungen.

1) ASCHERSON, Petermann's Mitth. 17, S. 2.

2) SEMPER, Existenzbedingungen I, S. 285.

3) GOSSE, Tornby S. 281.

4) CHUN, Zoolog. Anzeiger 1886, S. 56.

Pleurobrachia pilcus findet sich gelegentlich im Kurischen Haff, während die übrigen Ctenophoren das offene Meer mit seinem Salzreichthum vorziehen.

Die Riffkorallen verlangen zu ihrem Gedeihen ein normal gesalzenes reines Seewasser. Die Saumriffe sind, z. B. auf Mauritius, gegenüber jedem Fluss und jedem Bache durch einen geraden Durchlass unterbrochen; bei Grand Port findet sich ein Kanal, der sich 6 km der Küste parallel erstreckt und eine mittlere Tiefe von 18 m hat. Seine Gegenwart ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass zwei Flüsse, jeder an einem Ende des Kanals, in diesen eintreten und sich gegeneinander wenden¹⁾.

Dagegen sind euryhalin folgende Korallenarten:

<i>Allopora profunda</i>	<i>Stylaster densicaulis</i>
<i>Cilicia rubeola</i>	<i>Porites</i> sp.

Von Hydroidpolypen ist *Cordylophora lacustris* brackisch, hat sich aber neuerdings auch im süßen Oberlauf der Elbe und Seine angesiedelt.

Von Bryozoen sind folgende Formen euryhalin:

<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	<i>Gemellaria loricata</i>
„ <i>hispidum</i>	<i>Membranipora bengalensis</i>
„ <i>mytili</i>	„ <i>Flemmingii</i>
„ <i>papillosum</i>	„ <i>lineata</i>
„ <i>polyom</i>	„ <i>nitida</i>

<i>Crisia eburnea</i>	<i>Pedicellina gracilis</i>
<i>Diastopora repens</i>	<i>Vesicularia cuscata</i>
<i>Flustra foliacea</i>	„ <i>uva</i>

Victorella pavida.

Die übrigen sind meist stenohalin.

Auch die Brachiopoden bedürfen des normalen Salzgehaltes, nur *Terebratulina septentrionalis* findet sich auch in schwach gesalzenem Wasser.

Verschiedene *Nereis* und *Nemertes* leben auch in süßem Wasser mingrelischer Seen.

Alle Echinodermen sind stenohalin.

Ueber die Mollusken, Krebse und Fische, bei welchen alle oben genannten drei Gruppen vertreten sind, giebt v. MARTENS²⁾ eine ausführliche Liste. Es ist zwar nicht möglich, die darin gegebenen Formen nach euryhalinen und stenohalinen Arten zu ordnen, aber wenigstens kann man daraus erkennen, welche Familien in süßem und salzigem Wasser vorkommen, also euryhalin sind. Als solche müssen wir betrachten

von Muscheln die Familien der:	<i>Pholadea</i>	<i>Arcacea</i>
	<i>Solenacea</i>	<i>Mytilacea</i>
	<i>Tellinea</i>	
von Krebsen die Familien der:	<i>Brachyura</i>	<i>Cyproidea</i>
	<i>Caridea</i>	<i>Caligoidea</i>
	<i>Cymothoidea</i>	<i>Lernaeoidea</i>

1) DARWIN, Korallenriffe. Stuttgart 1876, S. 53.

2) Archiv für Naturgeschichte 1857, S. 191.

von Fischen:

<i>Petromyzones</i>	<i>Scomberesoces</i>
<i>Rajae</i>	<i>Pleuronectidae</i>
<i>Squali</i>	<i>Gadini</i>
<i>Accipenserini</i>	<i>Gobioidei</i>
<i>Lophobranchii</i>	<i>Blennioidei</i>
<i>Gymnodontes</i>	<i>Scomberoidei</i>
<i>Elopes</i>	<i>Atherinoidei</i>
<i>Clupeoidei</i>	<i>Mugiloidei</i>
<i>Cataphracti.</i>	<i>Sciaenoidei</i>

Ein ausgezeichnetes Gebiet, um den Einfluss eines verminderten Salzgehaltes auf die Thierwelt zu studiren, ist die Ostsee, welche vom Skagerak bis nach Finnland eine beständige Abnahme des Salzgehaltes zeigt.

In recht auffallendem Gegensatz¹⁾ zu der durch 100 Arten vertretenen Fischfauna der Ostsee steht ihre überaus grosse Armuth an Mollusken. Marine Bewohner der Ostsee sind folgende:

Schnecken:

Paludina muratica
Litorina litorea
Buccinum undatum
B. reticulatum
Purpura lapillus

Muscheln:

Mytilus edulis
Cardium rusticum
Tellina solidula
Mactra solida
Lutraria compressa
Mya arenaria
Mya truncata.

Aber nicht nur die Gesamtzahl der Arten ist gering, nein, auch die Individuen sind klein und verkümmert. Sie erscheinen als Pygmäen, wenn man sie mit ihren Stammformen in der Nordsee vergleicht.

*Mytilus edulis*²⁾ ist bei Kiel noch 8—9 cm lang, auf Gotland wird sie nicht über 4 cm gross.

Bei *Mytilus edulis* und *Tellina baltica* sind im östlichen Ostseebecken die Kalkschichten der Schale ausserordentlich dünn. Dadurch werden diese Muscheln so zerbrechlich, dass man sie leicht zwischen zwei Fingern zerdrücken kann. Nach dem Tode der Thiere scheint der Kalk ganz aufgelöst zu werden, denn in den Schären des östlichen Schwedens findet man die Cuticularhäute der beiden Muscheln in dem thonigen Schlamm des Meeresgrundes auf das beste erhalten. Wenn ein solcher Meeresboden trockengelegt würde, so würden die Muschelhäute wie zarte *Posidonomyen* auf dem Thongestein abgedruckt erscheinen.

Ein interessantes Beispiel, in welcher Weise ein veränderter Salzgehalt die Entwicklung eines Thieres beeinflusst, ist *Palaemonetes varians*³⁾. Man kann bei diesem Krebs eine nördliche Brackwasserform von einer südlichen Süsswasserform unterscheiden, doch sind die Unterschiede der ausgewachsenen Thiere nur vom Werth einer Varietät; dagegen hat die Salzwasserform kleine Eier, welche ein Zoöa- und ein

1) BOLL, Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg I, 1847, S. 89.

2) MORBIUS, Jahresbericht d. Commission z. w. Unters. der deutschen Meere 1871, S. 138.

3) BOAS, Zoolog. Jahrbücher IV, S. 804.

Walther, Einleitung in die Geologie.

darauffolgendes Mysisstadium durchlaufen. Die Süsswasserform hat 8mal so grosse Eier, aus denen eine Zoëalarve ausschlüpft, welche ohne Mysisstadium in die erwachsene Form übergeht.

Verwesende organische Substanzen¹⁾ üben einen ganz ähnlichen Einfluss auf das thierische Leben im Meere aus, wie die Beimengung süssen Wassers, so dass an Meeresstellen, an denen sich grössere Mengen, in Fäulniss begriffener organischer Substanzen angehäuft finden, sich eine Fauna einstellt, welche vollständig einen brackischen Charakter trägt. Im Frühling 1871 beobachtete FUCHS im Hafen von Messina, dass an einer Stelle, an welcher mannigfacher Unrath abgelagert wurde, sich eine Fauna angesiedelt hatte, welche einen durchaus brackischen Charakter trug. In fusshohen Schichten fanden sich: *Cerithium mediterraneum* mit *Buccinum neriteum*, *B. corniculum*, *Columbella rustica*, *C. scripta*, *Conus mediterraneus*, *Cardium edule* und *Lucina lactea*.

Man erkennt hieraus, dass ein geringerer Salzgehalt von der marinen Thierwelt als eine Schädigung empfunden wird, welche sich nicht nur auf die Salzaufnahme bezieht, sondern welche durch faulende Abfallstoffe bei unverändertem Salzgehalt ebenso erzeugt wird.

Wir haben bisher von den Salzen des Meerwassers nur die Chloride in ihrem Einfluss auf das organische Leben geschildert, und müssen zum Schluss noch einiger anderer Bestandtheile des Ozeanwassers gedenken.

Betrachten wir zuerst den Kalk, so finden wir im Seesalz 1,58—1,82 % CaO. Man nimmt an, dass dieser Kalk zum grössten Theil als CaOSO^3 , zum kleineren Theil als CaOCO^2 vorhanden ist, während geringe Mengen als CaOPO^4 gebunden sein sollen, obwohl möglicherweise Doppelverbindungen zwischen den Kalksalzen und den Chloriden des Wassers vorhanden sind.

Die Kalkbestandtheile des Seewassers werden von Kalkalgen, Foraminiferen, Kalkschwämmen, Korallen, Echinodermen, Brachiopoden, Bryozoen, Mollusken, Krebsen und Fischen zur Bildung fester Skelette verwandt, durch deren Anhäufung am Meeresgrund gewaltige Kalklager entstehen.

Ueber die Form und Konstitution dieser Skeletttheile hat v. EBNER²⁾ Untersuchungen angestellt. Bei den Kalknadeln der Spongien verhält sich jede Nadel wie ein einziges Krystallindividuum und neben dem Kalk ist keine organische Substanz darin enthalten. Dagegen besteht die Nadel keineswegs aus CaOCO^2 in Form von Kalkspath, obwohl sie demselben in krystallographischer Hinsicht sehr ähnlich ist, sondern dem Kalk sind beträchtliche Mengen von Natrium, Magnesium, Schwefelsäure und Wasser beigemischt, so dass man die Schwammnadeln als Mischkrystalle betrachten muss und dieselben mit einem gewissen Recht als „organisirte Krystalle“ bezeichnen darf oder, wie HAECKEL sie genannt hat: „Biokrystalle“.

Auch die Kalkkörper von Echinodermen enthalten keine organische Substanz, da dieselbe nur in einer dünnen Schicht dem Kalk oberflächlich aufliegt, was zu Fehlerquellen Anlass giebt.

1) TH. FUCHS, Verh. k. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1872, S. 21.

2) Sitzungsber. Wiener Acad. 1887, I., S. 78.

Bei den Kalkalgen und Korallen dagegen, wo mit dem kohlen-sauren Kalk zugleich organische Substanz ausgeschieden wird, kommt es nicht zu einer einheitlichen Krystallbildung. Es ordnen sich vielmehr die Moleküle des Kalkes einer Struktur unter, wie sie auch in nichtverkalkten, doppelbrechenden Geweben gefunden wird.

Versuche mit künstlichem, kalkfreiem Seewasser, dem man nachträglich bestimmte Kalksalze zusetzte, ergaben über die Kalkabscheidung durch Meeresthiere¹⁾ folgenden: Kalksalze werden nur in solchen Geweben abgelagert, welche vital unthätig sind. Man findet sie in Knochen, im Chitin, in altem Fasergewebe, in Sehnen und in fettig degenerirten Theilen. Wo immer solche unthätige Gewebe bei Thieren auftreten, da beginnt die Diffusion, und Kalkabscheidung erfolgt. Ammoniakkarbonat, entstanden aus dem Zerfall thierischer Sekrete, zersetzt einen Theil des im Seewasser gelösten Gypses und bildet eine äquivalente Menge von kohlen-saurem Kalk.

Wenn alkalische Phosphate in Verbindung mit Kalk und Eiweiss im Blut vorherrschen, so wird der Kalk als Phosphat niedergeschlagen.

Zugleich ergaben die Versuche, dass die Bildung von Kalkpanzern bei Krebsen nur bei höherer Temperatur erfolgt, so dass sich daraus erklärt, warum die Krebse sich vorwiegend in der warmen Jahreszeit häuten.

Verknüpfen wir die soeben gewonnenen Ergebnisse mit dem früher erwähnten Verhältniss der Salze in den Flüssen und im Ozean, so scheinen dieselben die Annahme MOHR's²⁾ über den Kreislauf des Kalkes zu bestätigen. Darnach führen die Flüsse kohlen-sauren Kalk in das Meer. Derselbe wird im Ozean zu schwefelsaurem Kalk umgesetzt. Die Organismen scheiden aus dem schwefelsaurem Kalk (durch kohlen-saures Ammoniak) kohlen-sauren Kalk aus, welcher als Korallenkalk, Muschelbank und Algenlager fossil wird und dadurch aufs Neue den Kreislauf des Kalkes einleitet.

Durch Versuche zeigte auch STEINMANN³⁾, dass das aus dem Lebensprozess der Thiere und Pflanzen ausgeschaltete Eiweiss die Fähigkeit besitzt, den kohlen-sauren Kalk aus Chlorcalcium oder schwefelsaurem Kalk niederzuschlagen und zwar in einer Form, welche die sofortige Wiederauflösung durch das Meerwasser verhindert. Durch alle diese Thatsachen gewinnt die Hypothese von MOHR immermehr an Wahrscheinlichkeit, wenn auch manche Einzelheiten derselben sich als nicht vollkommen begründet herausstellen dürften.

Auch GUEMBEL⁴⁾ betont: Wahrscheinlich ist, dass wenigstens die Pflanzen, vielleicht auch die niederen Thiere die Fähigkeit besitzen, den im Meerwasser in höchst beträchtlichen Mengen aufgelösten Gyps in sich umzusetzen, den Schwefel der Säure anderweitig zu organischen Verbindungen zu verwenden und die Kalkerde als Carbonat zum Aufbau ihrer Skelette zu benutzen. Jedenfalls verschaffen sich viele Meeresthiere einen Theil ihres Kalkbedarfes auch dadurch, dass sie kalkhaltige Pflanzen als Nahrung verzehren.

1) IRVINE & WOODHEAD, Proc. R. Soc. Edinburgh 1880, S. 352.

2) MOHR, Geschichte der Erde 1866 S. 44.

3) STEINMANN, Ber. der Naturf.-Ges. zu Freiburg i. B. IV, 5.

4) v. GUEMBEL, Geologie von Bayern I, S. 58.

Magnesia ist im Meerwasser $2\frac{0}{100}$ enthalten, welches auf 100 Theile Meeressalz berechnet, zu $9,44\frac{0}{100}$ als Cl^2Mg und zu $6,4\frac{0}{100}$ als MgOSO^3 vorhanden sein soll.

Gegenüber der grossen Menge von Kalkerde, welche durch die Thätigkeit der Organismen dem Meere entzogen wird, ist Bittererde nur in geringen Mengen in lebenden Thierskeletten gefunden worden.

LIEBE¹⁾ fand in *Gorgonia* 21 % Dolomit,
in *Madrepora muricata* 2,4 „ „
in *Flustra foliacea* 21,3 „ „

FORCHHAMMER²⁾ beobachtet: in *Isis* $6,3\frac{0}{100}$, in *Corallium* $2,1\frac{0}{100}$, in *Pinna* $1\frac{0}{100}$, in *Serpula* 4—7% Bittererde.

DAMOUR³⁾ fand in *Millepora cervicornis* 8% Bittererde. Ueber den Einfluss der Bittererde auf organisches Leben habe ich nur die Angabe v. BAER'S⁴⁾ gefunden, dass im Kaspischen Meer nach dem tieferen Theil der Gehalt an doppeltkohlen-saurer Bittererde sehr zunimmt (1:15,9), während verhältnissmässig die Kalksalze abnehmen. Im Zusammenhang damit steht es, dass in dem tiefen Kanal am Ost-rande die Muscheln viel dickschaliger und grösser werden, während sie in den seichten, salzärmeren Gebieten klein und dünn-schalig sind.

Kieselsäure ist im Meerwasser in überaus geringen Spuren enthalten. Im Wasser des Atlantik fand man $0,014-0,017\frac{0}{100}$, im Indik nur $0,001-0,005\frac{0}{100}$ SiO^2 .

Bei diesen geringen Mengen von Kieselsäure könnte es Wunder nehmen, dass Diatomeen und Spongien im Stande sind, sich Skelette aus Kiesel zu bilden und dadurch ziemlich bedeutende Mengen von Kieselsäure am Meeresboden anzuhäufen. Allein diese Erscheinung wird durch eine Reihe ähnlicher Thatsachen ergänzt, welche beweisen, wie gross die spezifische Anziehungskraft des Protoplasma für bestimmte Stoffe sein kann. Obwohl Jod im Seewasser nicht direkt nachzuweisen ist, so sind doch viele Tange sehr jodreich. Silber, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel kann man selbst auf spektralanalytischem Wege nicht im Seewasser entdecken, während diese Metalle in marinen Organismen gefunden werden.

Es kommt die beständige Bewegung des Seewassers hinzu, welche durch die Flimmerbewegung an der Oberfläche der Athmungsorgane mariner Thiere unterstützt, sehr beträchtliche Wassermengen beständig an den Geweben der Thiere vorbeiführt.

Die zierlichen Schachtelgehäuse der Diatomeen enthalten sehr viel Kieselsäure. Die Vermehrung⁵⁾ von *Biddulphia* und *Melosira* zeigt, dass die Kieselpanzer eines Wachsthumes fähig sind, denn der Bildung neuer Endflächen der Tochterzellen geht eine Vergrösserung der Mutterzellen voraus. Nach den Untersuchungen von LANG⁶⁾ ist im Zellsaft von *Equisetum* eine sehr verdünnte Kieselsäurehydratlösung enthalten, so dass der Schluss eine gewisse Berechtigung hat, dass auch die Diatomeen organisch gebundene Kieselsäure ausscheiden. Wenn man

1) LIEBE. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1857, S. 426.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrbuch f. Min. 1852, S. 855.

3) DAMOUR, Bull. geol. VII, nach Neues Jahrb. f. Min. 1852, S. 861.

4) v. BAER nach Neues Jahrb. f. Min. 1856, S. 591

5) v. MOHL, Botanische Zeitung 1861, S. 220.

6) LANG, Ber. d. d. chem. Ges. 1872, S. 825.

erwägt, dass¹⁾ eine Diatomee sich in 4 Tagen auf 70 Billionen vermehren kann, so wird es begreiflich, dass diese kleinen Planktonalgen sehr bedeutende Kiesellager am Meeresboden erzeugen können.

Im Thierreich sind Kieselskelette nur bei den Radiolarien und Spongien verbreitet. Zwar findet man in den Foraminiferen *Poly-morphina silicea* und *Polytrema* Kieselkörper in der Kalkschale eingefügt, welche organisch abgeschieden sein müssen; auch *Pholas* besitzt in ihrem Fuss Kieselnadeln, und *Trigonia* ist mit einem flammzarter Kieselgebilde bedeckt; aber sonst ist die Kieselsäure bei Thieren überaus selten nachzuweisen.

Da sich geologische Veränderungen der marinen Existenzbedingungen am leichtesten in der Nähe der Küsten bemerkbar machen, so ist es begreiflich, dass auch die wechselnden Verhältnisse des Salzgehaltes, welche hier gefunden werden, leicht beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind. Es dürfte wohl keine Oszillation des Meeresspiegels stattfinden, ohne dass der Salzgehalt der Küstengewässer lokal verändert wird.

Als sich 1874—82 der Salzgehalt der Kieler Bucht veränderte, verschwanden nach den Beobachtungen von MOEBIUS verschiedene Mollusken und Echinodermen, welche sich seit 1882, wo der Salzgehalt wieder zunimmt, allmählig wieder einstellen.

Es ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich, dass hierbei zuerst die stenohalinen Organismen auswandern oder aussterben müssen, während die euryhalinen Thiere und Pflanzen meist im Stande sein werden, sich an die neuen Verhältnisse anzupassen.

*Podon intermedius*²⁾, welcher in der Ostsee bei 0,073% Salzgehalt ebenso lebt wie im Mittelmeer bei 3,9% Salz, ist gegen Schwankungen des Salzgehaltes unempfindlich, und solche Formen haben nicht nur eine grosse horizontale, sondern eine grosse zeitliche Verbreitung, während die Mehrzahl der marinen Leitfossilien zu den stenohalinen Organismen gerechnet werden müssen.

1) KOLLMANN, Jahresber. d. geogr. Ges. München 1871, S. 44.

2) POUCHET & DE GUERNE, Compt. Rend. 1885, S. 919.

8. Gezeiten und Wellen.

Die in dem vorigen Abschnitt mitgetheilten Thatsachen drängen unabweisbar zu dem Schluss, dass die Gewässer des Ozeans in beständiger Bewegung sind. Die gleichmässige Mischung der Meeressalze in allen Breiten und Tiefen ist nur durch die leichte Beweglichkeit des Wassers erklärbar, welche beständig Dichte-Differenzen auszugleichen bemüht ist und die Fluthen des Meeres unaufhörlich untereinander mischt.

Aber auch die Ausscheidung bestimmter Stoffe, welche in unmessbar kleinen Mengen im Meere enthalten sind, und ihre lokale Anhäufung durch die Organismen ist nur dadurch verständlich, dass man annimmt, dass alle, selbst die festsitzenden Thiere einen kontinuierlichen Wasserstrom erzeugen, welche ihren Geweben die räumlich weit vertheilten Stoffe zuführt und eine Ausscheidung derselben ermöglicht.

Ein unbewegtes Meer, wenn ein solches überhaupt denkbar wäre, würde eine vollkommen andere Vertheilung der Organismen zeigen, und auch die Form derselben würde wesentlich anders sein.

Das Gleichgewicht des Meerwassers wird durch verschiedene Kräfte gestört und dadurch eine Bewegung desselben hervorgerufen. Als erste bewegende Ursache sehen wir die Anziehung der Gestirne wirken. Unter dem Zenith des Mondes bildet sich ein Wasserberg, welcher mit dem um die Erde kreisenden Gestirn über die Fläche des Weltmeeres wandert und als Zenithfluth des Mondes bezeichnet wird. Ein ähnlicher, wenn auch kleinerer Wasserberg hebt sich auf der gegenüberliegenden Erdhälfte aus dem Ozean heraus, es ist die Nadirfluth des Mondes.

Auch die Sonne bildet zwei, etwas niedrigere Fluthen. Wenn Sonne, Mond und Erde in einer Linie hintereinanderstehen, so interferiren die Sonnenfluthen mit den Mondfluthen, indem sie sich zur Springfluth addiren, während in dem Fall, dass Mond, Erde und Sonne einen rechten Winkel zueinander bilden, ihre Wirkung sich abschwächt und die sogenannte Nippfluth entsteht.

Infolge dieser verschiedenen Anziehung des Seewassers durch Mond und Sonne sinkt und steigt das Wasser an den Küsten in einem zwölfstündigem Rhythmus.

Den höchsten Stand des Seespiegels bezeichnet man als Fluth, den niedrigsten als Ebbe. Das ganze Phänomen nennt man die Ge-

zeiten und das hierbei abwechselnd überspülte und trocken gelegte Gebiet des Strandes heisst die Schorre.

Auf offener See ist der Gezeitenwechsel nicht zu beobachten, an den Inseln des offenen Meeres beträgt er kaum 1 m, dagegen ist die Fluthgrösse in Meerengen, Buchten und Flussmündungen eine sehr bedeutende. Im Bristolkanal betrug sie einmal 16 m, in der Chepody-bai 21 m.

An felsigen Steilufern ist die Schorre nicht breiter, als der Gezeitenunterschied beträgt, während mit abnehmendem Neigungswinkel des Gestades auch das Schorrenggebiet immer breiter wird, und an sandigen Küsten beobachtet man nicht selten, dass das bei Fluth gespülte, bei Ebbe trockengelegte Gebiet der Schorre mehrere Kilometer breit ist. Die Schorre zeichnet sich durch einen beständigen Wechsel in der Wasserhöhe, in der Temperatur und in der Wasserbewegung aus, sie wird daher nur von eurythermen und meist auch von euryhalinen Thieren bewohnt.

Wenn ¹⁾ die Schorre aus Felsen besteht, so findet man darauf eine Fauna, ausgestattet mit allerlei Haftapparaten. Die einen, wie *Balanus*, *Ostrea*, *Anomia*, *Chama* u. s. w. sind mit ihrer Schale fest aufgewachsen, andere Thiere sitzen fest, können aber Ortsveränderungen ausführen, wie *Patella*, *Chiton*, Seeanemonen und *Mytilus*, welche letztere ihre Byssusfäden vom Felsen ablösen und an einer andern Stelle wieder anspinnen kann. Wieder andere, wie *Pholas*, *Saxicava*, *Lithodomus*, Seeigel, Würmer, bohren sich Löcher in die Felsen.

Auf einer sandigen Schorre findet man keine festsitzenden Thiere, dagegen können sich die hier lebenden Muscheln, Würmer u. s. w. mit grosser Schnelligkeit in den Sand eingraben. Wenn z. B. *Solen vagina* berührt wird, so verschwindet sie schnelligst im Sand und gräbt sich in kurzer Zeit 60—90 cm tief darin ein.

Je nachdem die Schorre aus schlammigem, sandigem, kiesigem oder felsigem Boden besteht, ändert sich also der Charakter ihrer Fauna, und wenn Felsen und Sand, Kies und Schlamm neben- und miteinander auftreten, dann entsteht eine Schorre, deren Thierreichthum geradezu erstaunlich ist. Auf Felsen und in Felsenspalten sitzt die Schaar der festsitzenden Litoralthiere, bohrende Seeigel, Bohrmuscheln und Würmer finden sich im Felsen eingesenkt; zwischen den Tangen und Algen, welche die Felsen bedecken, lebt eine reiche Fauna kriechender und laufender Thiere; in wassererfüllten Lachen, welche die Ebbe zurücklässt, tummeln sich Krebse und Fische; im Sand vergraben warten siphonate Muscheln auf den Wiedereintritt der Fluth und auf dem weichen Schlamm Boden sieht man unzählige Schlammringel als werdende Koprolithen grabender Würmer. Wasservögel waten umher, drücken ihre Spur dem weichen Boden ein und suchen mit spitzem Schnabel die weichen Würmer aus dem Boden zu ziehen. Brennt die Sonne heiss auf den Strand, dann reisst wohl der Boden durch polygonale Trockenrisse auf, und so entsteht eine Ablagerung voll sonderbarer Spuren, die man gewöhnlich als „Strandbildung“ bezeichnet, die aber besser als Schorrensediment zu benennen ist.

1) HUNT, Journal Linn. Soc. Zoology XVIII, S. 265.

Während in der Ostsee¹⁾ der thonige Schlamm Boden immer pflanzenlos ist, und nur die sandigen und kiesigen Gebiete mit dichten Algenrasen überzogen sind, so ist der Boden der Nordsee auf Schlamm- und Sandgrund gleichmässig pflanzenlos. Die Ursache hierfür sind die Gezeiten, welche in der Ostsee fast fehlen, während sie in der Nordsee noch in grösserer Tiefe den Schlamm aufwühlen, und dadurch den Ansatz von Algen verhindern.

Auch die Zahl²⁾ und Formenfülle der litoralen Muscheln ist abhängig von der Grösse und Natur der Schorre. An den Küsten von Jersey, wo die Gezeiten 12 m hoch und die Schorregebiete 4 km breit sind, findet man viele Muschelarten, welche sonst nur in mehreren Faden Tiefe leben. Eine Eigenthümlichkeit der Schorre in tropischen Meeren ist die Mangrove oder der Gezeitenwald. Derselbe³⁾ setzt sich zusammen aus etwa 20 verschiedenen Pflanzen, welche sich dadurch auszeichnen, dass ihre Laubkrone auf einem Pfahlwerk hoher Stelzenwurzeln aufrucht. Die Mangrove⁴⁾ gedeiht nur da, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth mindestens 1 m ist. Bei Fluth scheint die Krone des Gezeitenwaldes als hellgrüner Saum auf dem Wasser zu schwimmen, bei Ebbe dagegen sieht man unter dem Blätterdach die hohen Stelzen des Wurzelwerkes in dichtem Gestein durcheinander verflochten und darunter den schlammigen Untergrund, auf dem sie wurzeln. Die Mangrovevegetation bildet eine Befestigung des Bodens, welche das Ansammeln von Sediment vom Lande aus erleichtert und dessen Wegschwemmung verhindert. Sobald das neue Erdreich die Höhe der Wurzeln erreicht hat, stirbt die Mangrove ab und macht einer Landvegetation Platz. Eine reiche Fauna lebt zwischen den Mangrovewurzeln; unzählige Krabben und Fische (*Periophthalmus*), welche ihre Vorderflossen zum Laufen benutzen, springen in dem weichen Schlamm jagend umher, ganze Schaaren von Schnecken (*Neritina*) kriechen auf den Wurzeln, *Ostrea cucullata*⁵⁾ umgibt die Zweige der Mangrovebäume von Mosambique in einer dichten Kruste.

In den Eismereen ist die Schorre leblos, denn hier setzt sich das Eis in jedem Winter an, und selbst während des Sommers reibt der Packeisgürtel unermüdlich mit seinen Schollen im Gebiet der Schorre, dass jedes pflanzliche oder thierische Leben hier vernichtet wird.

Eine zweite Ursache der Wasserbewegung bildet der Wind. Indem derselbe über den Wasserspiegel streicht, kräuselt er die Oberfläche; anhaltender Wind erzeugt aus den kleinen Embryonalwellen immer grösser werdende Wogen, welche in ruhelosem Wechsel auf- und niederschwingen.

Eine ozeanische Welle setzt sich zusammen aus zwei Theilen, dem soliden Wasserberg und dem darauf sitzenden Schaumkamm. Kleine Wellen können eine hohe Schaumkrone besitzen, und grosse Wellen können vollkommen glatt sein; man nennt diese letzteren Dünung.

Die höchsten gemessenen ozeanischen Wellen⁶⁾ waren 11,5 m hoch,

1) REINKE, Die Flora von Helgoland. Deutsche Rundschau 1891, S. 433.

2) DUPREY, Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. XVIII, S. 338.

3) SCHIMPER, Malayische Strandflora. Jena.

4) V. LIEBIG, Jahresber. d. Geogr. Ges. München 1871, S. 107.

5) V. MARTENS, Sitzungsber. Berlin Acad. 1879, S. 740.

6) KRUEMMEL, Ozeanogr. II, S. 30 f.

der Challenger hat nur 7 m hohe Wellen beobachtet. Die längsten Wellen waren 824 m lang, ihre Geschwindigkeit 36 m in der Sekunde.

Die Tiefe, in der die Wellen noch eine merkbare Wasserbewegung erzeugen, ist nach den Versuchen WEBERS die 350malige Höhe der Wellen. AIMÉ beobachtete auf der Rhede von Algier, dass bei starkem Seegang in 40 m Tiefe erhebliche Verschiebungen der Wassertheilchen stattfinden; lange und hohe Wellen hat man in 200 m Tiefe branden sehen, und die Verletzungen von Telegraphenkabeln in 1800 m lassen darauf schliessen, dass grosse Sturmwellen noch in solcher Tiefe merklie Bewegungen des Wassers erzeugen.

Indem sich die Wellen dem flachen Küstengebiet nähern, werden sie höher, kräftiger und überstürzen sich. Man nennt diese Erscheinung Brandung. Im Durchschnitt erreicht die Klippenbrandung die siebenfache Wellenhöhe, und bis zu 100 m Höhe kann an exponirten Stellen der Wogenschwoll emporsteigen.

Die Brandung ruft naturgemäss auch überaus intensive Bodenverschiebungen in der Wassertiefe hervor. Nach TIZARD kann man Spuren einer Brandung sogar auf dem 500 m tief liegenden W.-Thomson-Rücken beobachten.

Die Brandung steigert die Wirkung der Gezeiten in hohem Maasse und vergrössert die Schorre an allen brandungsreichen Küsten.

Schon bei Besprechung des Benthos haben wir auf manche Erscheinungen im Bau der Meeresorganismen hingewiesen, welche man als Anpassungserscheinungen an die Wasserbewegung auffassen darf.

Die benthonischen Meerespflanzen haben zwar keine Wurzel, welche die Nahrung aus dem Boden aufzunehmen hätte, denn sie sind allseitig von einer Salzlösung umgeben; dagegen sind Haftscheiben und Klammerorgane weitverbreitet. Die Zellen der Haftscheibe¹⁾ der Tange wachsen auf der Oberseite sehr lebhaft, während die unteren Zellgruppen sich weniger vermehren. Dadurch wird die Haftscheibe gekrümmt und ihr Rand presst sich der Unterlage fest an. Die in die Spalten des Substrates eingeklemmten Stücke nehmen nach und nach die Beschaffenheit von Dauergewebe an, und werden dadurch zur dauernden Befestigung des wachsenden Tangbusches immer besser geeignet.

Eine merkwürdige Einrichtung zur Befestigung an Steinen besitzt *Haligenia bulbosa*. Hier bildet sich im Stiel oberhalb der Wurzelscheibe eine zwiebelartige Auftreibung, welche, nach unten wachsend, sich wie ein Gummikissen über die Haftorgane ausbreitet und dieselben um so fester gegen ihre Unterlage anpresst.

Das knorpelige Gewebe der grossen Tange ist ebenfalls eine Anpassung an die Wasserbewegung. Wenn man erwägt, welche Zähigkeit ein 100 m langes *Macrocystis*blatt besitzen muss, um von der Brandung nicht zerrissen zu werden, so versteht man leicht, dass der Algenthallus hierfür besondere Einrichtungen besitzt.

Auch die grasartigen Blätter der Seegräser, die vielgeschlitzten Blattoorgane der Grünalgen und Florideen sind geeignet, selbst im heftigen Wogenschwoll der Wasserbewegung möglichst wenig Widerstand zu bieten.

1) GRABENHOEFER, Botan. Zeitung 1885, S. 11.

Gross ist die Fülle der Einrichtungen, welche das Thierreich in Anpassung an die Wasserbewegung erworben hat. Das Plankton ist in seiner Existenz und seiner Verbreitung von der Wasserbewegung vollkommen abhängig. Da die Mehrzahl der Planktonthiere überhaupt keine selbstständigen Ortsbewegungen auszuführen vermögen, so würden sie an Nahrungsmangel zu Grunde gehen, wenn nicht die Gewässer des offenen Meeres in beständiger, wenn auch oft unmerklicher Bewegung wären. Dadurch kommen die Planktonthiere immer mit neuen Wassertheilen in Berührung, und können diesen Nahrung und Sauerstoff entnehmen.

In hohem Maasse beeinflusst die Wasserbewegung die Vertheilung der Planktonthiere, besonders derjenigen, welche an der Meeresoberfläche leben. *Physalia* gehört bei Neapel zu den grössten Seltenheiten, und doch kann ein einziger konstanter Wind eine ganze Anzahl aus dem Atlantik bis nach dem Golfe von Neapel hereintreiben. *Physalia* und *Velella* besitzen in ihrer Blase, bezw. ihrem Knorpelsgel zugleich eine Einrichtung, welche es jedem Windstoss möglich macht, sie im Wasser weiterzutreiben.

Viel zahlreicher aber sind die Anpassungserscheinungen der benthonischen Fauna an die Wasserbewegung. Die festsitzende Lebensweise bietet, wie wir früher gesehen haben, den Thieren, welche sich daran gewöhnten, mancherlei Vortheile, aber der Schutz gegen Wasserbewegung ist einer der wichtigsten und darf in vielen Fällen als die eigentliche Ursache der festsitzenden Lebensweise betrachtet werden.

Während die Mehrzahl der Foraminiferen auf Algen und Seegrass kriechend, zwischen den Pflanzenblättern einen genügenden Schutz gegen die Wasserbewegung findet, sehen wir *Carpenteria*, *Polytrema*, *Rupertia* aufgewachsen auf Felsblöcken und Korallenstücken, an pflanzenfreien Stellen, wo sie sonst durch die Wasserbewegung beständig umhergerollt und beschädigt werden würden. Ihre Schale ist unregelmässig geworden und bildet nur eine unscheinbare Kruste, aber sie bewahrt noch den gekammerten Bau in ihrem Gefüge.

Viele Spongien, deren eigentliches Lebenselement die bewegte Flachsee ist, zeichnen sich durch zähe Hornfasern aus, welche vielfach durcheinandergeflochten, den Körper ungemein elastisch machen.

Die Aktinien sind ebenfalls durch zähe Gewebe ausgezeichnet. Am Felsen angesaugt, werden sie selbst durch die stärkste Brandung nicht abgerissen, und ihr elastischer Körper wird nicht verletzt.

Eine typische Anpassung an die Brandung und die bewegte Wasserzone finden wir in den Stöcken der Riffkorallen. Während in den ruhigen Abgründen der Tiefsee fast nur Einzelkorallen oder solche Stöcke leben, welche aus nur wenig Einzelindividuen bestehen, ist die Brandung das Lebenselement der aus Tausenden einzelner Thiere zusammengesetzten Riffkorallen.

Die ausgewachsenen Medusen leben zwar planktonisch im offenen Meere, dagegen sind die meisten Formen in ihrer Jugend festsitzende Polypenstöcke, so dass die sich entwickelnden Medusen in dieser Zeit gegen Wasserbewegung geschützt und ihre noch zarten Gewebe noch nicht dem Spiel der Wellen preisgegeben sind.

Bemerkenswerth ist es, dass die meisten der stockbildenden Thiere in grosser Zahl beisammgefunden werden. Die Korallenriffe, die

Bryozoenlager, die Rasen zarter Polypencolonien, die gallertigen Krusten zusammengesetzter Ascidien gewähren sich gegenseitig einen Schutz gegen die Wasserbewegung, der Widerstand des Individuums wird kleiner, je grösser die Oberfläche ist, an welcher sich die brandende Welle reibt.

Nur dadurch ist es verständlich, weshalb zwischen Algen und Seegrasswiesen, zwischen Korallenriffen und Bryozoencolonien ein so reiches Leben vagiler Thiere zu finden ist, welche auf dem glatten sandbedeckten Meeresboden unter sonst gleichen Umständen fehlen.

Dafür besitzt die Fauna der Saudgründe andere Schutzeinrichtungen.

Da die Intensität der Wasserbewegung nach der Tiefe zu abnimmt, so schützen sich die Thiere ¹⁾, welche die sandigen oder schlammigen Gebiete der Flachsee bewohnen, dadurch, dass sie die Fähigkeit besitzen, in grösseren Tiefen unter der Wasseroberfläche sich aufzuhalten. Sie graben sich entweder in den Boden ein, oder halten sich an geschützten Stellen fest. *Cardium aculeatum* lebt bei Paignton in feinem schlammigen Sand, und die langen Stacheln auf der Schale dienen dazu, sie fester darin zu verankern. Dagegen besitzt *Cardium tuberculatum* war starke Rippen, aber keine Stacheln. Sie lebt in hartem Sand unter dem Ebbspiegel und ist hier genügend fest eingesenkt, um von den Wellen nicht herausgerissen zu werden.

So dienen die Rippen von *Venus casina* und *Venus verrucosa* und die Stacheln von *Cytherca diona* demselben Zweck, in weicherem Sediment gut verankert zu sein.

Dagegen ist *Psammobia tellinella* durch ihre flache Schale wohl geeignet, um sich rasch in den Sand oder Schlamm einzugraben, und im Aquarium kann man deutlich beobachten, wie geschwind *Psammobia* sich eingräbt, während *Cardium* dies nur sehr schwerfällig macht. Die Siphonen sind eine ausgezeichnete Anpassung der Muscheln an dieses Leben im tiefen Sand.

Aporhais pespelecani ist ein träges Thier, das wenige Meter unter dem Wasserspiegel auf exponirten Sandflächen lebt. Seine langen Schalenfortsätze geben dem Thiere eine breite Basis, mit welcher es dem Meeresboden aufliegt. Man könnte nun glauben, dass dieselben dem Thier schaden, wenn es auf den Rücken umgekehrt liegt. Allein das Experiment zeigt, dass die geringste Wellenbewegung genügt, um die Schale in ihre normale Lage zurückzubringen. Ebenso sind die Fortsätze und Schalenverzierungen von *Murex*, *Pteroceras* und *Strombus* nur Einrichtungen, um die Schale rasch wieder richtig zu orientiren.

Zusammen mit *Aporhais* leben *Natica catena*, *Buccinum undatum*, *Nassa reticulata*, *Bulla hydatis*, *Philina aperta*. Alle diese Schnecken sind augenscheinlich ungeeignet, auf dem Meeresboden zu leben und der Wellenbewegung zu widerstehen. Dagegen bohren sie sich alle in das Sediment, und kriechen durch den Sand direkt unter der Oberfläche desselben.

Asterias aurantiaca und *Antedon rosaceus* sind gute Beispiele zweier Echinodermen, welche der Wellenbewegung auf ganz anderem

1) HUNT, Journal Linn. Society Zoology, Vol. XVIII, S. 206.

Wege begegnen. *Asterias* liegt auf dem Sand mit einer starren Fläche, deren flache Form ausgezeichnet ist, um den Wellenbewegungen keinen Widerstand zu bieten. Wenn dies aber nicht genügt, so besitzt er ausserdem die Fähigkeit, vertikal in den Sand zu sinken, und sich dadurch jeder Gefahr zu entziehen. *Antedon rosaceus* dagegen findet sich in klarem Wasser an felsigem Boden, wo er heftigen Strömungen ausgesetzt ist. In der Jugend sitzt hier *Antedon* auf Pflanzen oder Zoophyten festgewachsen, während ausgewachsene Exemplare kräftige Schwimmbewegungen auszuführen vermögen.

*Spatangus*¹⁾ kann, vermöge seiner kurzen platten Stacheln, vertikal in den Sand einsinken.

Unter den Krebsen findet man drei Methoden, um Wellenbewegungen Widerstand zu leisten:

Die Felsenkrabben (*Cancer*) bergen sich in Spalten, wo sie der heftigsten Brandung widerstehen, die schwimmenden Krabben (*Portunus*) schaufeln mit ihren Schwimmfüssen den Sand auf, und finden rasch Schutz unter der Oberfläche, während die Einsiedlerkrebse (*Pagurus*) leere Schalen bewohnen und darin jeder Brandung trotzen. Die Antennen der Krebse, welche allein über den Sand hervorragen, scheinen bestimmt zu sein, eine Verbindung mit der Oberfläche des Meeresbodens herzustellen, da sonst die Thiere leicht zu tief mit Sand überschüttet werden könnten.

Fische schützen sich gegen die Wellen, entweder indem sie sich an feste Gegenstände fixiren, oder sie schlüpfen unter Steine, bohren sich in den Sand oder legen sich platt auf den Boden und lassen sich von den Wellen mit Sand überschütten.

Lepidogaster bimaculatus heftet sich mit seinen Bauchflossen an feste Objekte, *Ammodytes lancea* gräbt sich in den Sand. *Uranoscopus* ist im Sande verborgen, während nur seine gestielten Augen hervorschauen und *Lophius piscatorius* ist so im Schlamm vergraben, dass nur seine langen, auf dem Stirnbein aufsitzenden Angeln aus demselben ragen.

Die interessantesten aller Seefische aber sind die Schollen und Butten, welche sich vollkommen an die bewegte obere Wasserzone angepasst haben. Sie liegen mit ihrer einen Körperseite so dem Boden angeschmiegt, dass selbst eine heftige Wasserbewegung sie nicht abzuheben vermag. Auch die Rochen zeigen in ihrer Körperform eine ähnliche Anpassungserscheinung.

Limulus polyphemus, der in einem ruhigen Aquarium vollkommen hilflos ist, wenn er auf den Rücken fällt, wird bei der geringsten Wasserbewegung wieder umgekehrt.

Aber die Wasserbewegung muss geradezu als ein Faktor betrachtet werden, welcher neue Varietäten schafft oder Varietäten lokal vernichtet. Denn wenn irgendwo *Cardium aculeatum* in weichem Schlamm, *Cardium tuberculatum* in gröberem Sande lebt und durch geologische Veränderungen die Beschaffenheit dieser Sedimente verändert wird, so müssen lokal viele Formen aussterben, wenn sie nicht durch andere Schalenverzerrungen sich den neuen Bedingungen anpassen.

1) OXLER, Phil. Trans., R. S. 1826, S. 347.

In welcher Weise der Umriss von Muschelschalen durch konstante Wasserbewegungen verändert wird, dafür giebt Jordan¹⁾ interessante Beispiele, die ich hier, obwohl sie Süßwasserformen betreffen, nicht verschweigen darf:

Im Allgemeinen ist bei der Fluss-*Unio* durchweg das gegen den Strom wie ein Sturmbock gerichtete Vordertheil immer unverhältnissmässig dicker als das Hintertheil, welches letztere durch jenes geschützt, auch in ziemlich schnell fliessenden Gewässern oft ganz dünn bleibt. Auch bei dem sehr massiven, in sehr reissenden Gewässern lebenden *Unio crassus* und *Margaritana margaritifera* ist das Vordertheil stets dicker.

Bei der See-*Unio* dagegen, auf welche keine einseitigen Strömungen einwirken, sind die Schalen ziemlich gleichmässig gebaut, vorn schwächer, hinten stärker als bei den Flussbewohnern.

In dem Wörther See bei Klagenfurth an einer schlammigen, dem Wogenschlag sehr ausgesetzten Bucht, sind *Unio pictorum*, *Unio crassus* var. *batavus* und *Anodonta variabilis* mit einem hakenförmig nach unten gebogenen Hintertheil versehen, so dass man die Muscheln dieser Lokalität als *Unio platyrhynchus*, *Unio decurvatus* und *Anodonta rostrata* besonders beschrieben hat, während in dem benachbarten Lendkanal alle drei Arten ohne die Hakenform vorkommen, denn hier bedürfen sie eines solchen Nothankers nicht.

Unio pictorum aus tiefen, klaren Seen hat dagegen eine eigenthümlich nach oben gebogene Schale.

Am meisten aber macht sich der Einfluss der Lokalität in den verschiedenen Formen der Schlosszähne geltend. In fliessendem Wasser werden die Schalenhälften leicht in der Längsrichtung verschoben, deshalb entwickelt sich bei *Unio pictorum* var. *pachyodon* aus schlesischen Flüssen ein mächtig entwickelter hinterer Schlosszahn in der linken Klappe. Eine Verschiebung der Schalen in der Vertikale, wie sie am Grunde eines wogenden Sees leicht möglich ist, wird durch die Seitenzähne verhindert. Demgemäss sehen wir bei den, Seen bewohnenden, Formen die Hauptzähne schwach entwickelt, so dass bei *Unio pictorum* der hintere Hauptzahn der linken Klappe völlig verschwindet, während die Seitenlamellen stark und hoch ausgebildet sind.

In analoger Weise sind die beiden einzigen fluviatilen Arten der Gattungen: *Cyclas rivicola* und *Pisidium amnicum* mit zwei Hauptzähnen in jeder Klappe versehen, welche den Seeformen vollständig fehlen. Die Beobachtungen machen die Vermuthung wahrscheinlich, dass die Schlosszähne der Muscheln in ihrer Zahl und Form von der Wasserbewegung bedingt seien, und als eine Einrichtung zum Schutze gegen dieselbe anzusprechen sind.

Dass die Schale der Muscheln und Schnecken in ihrer Dicke und Form von der Wasserbewegung sehr beeinflusst wird, ist schon von mehreren Autoren betont worden. Wenn man das kompakte Gehäuse einer im Niveau der Brandung lebenden *Litorina litorea* vergleicht mit der zarten Schale, welche die wenigen Mollusken der Tiefsee tragen, so drängt sich die Ansicht auf, dass die geringe Wasserbewegung in der Tiefsee und die Brandung in der Schorre hierfür maassgebend gewesen sein dürften.

1) Biolog. Centralblatt I, S. 394.

9. Strömungen und Zirkulation des Meeres

Nachdem wir in dem vorigen Abschnitt zwei Arten der Wasserbewegung besprochen haben, welchen eine beträchtliche Kraftleistung innewohnt, und die daher sehr auffallende Anpassungserscheinungen der Organismen bedingen, ist es jetzt unsere Aufgabe zweier anderer Wasserbewegungen zu gedenken, welche in ganz anderer Weise verlaufen und ganz andere Wirkungen hervorrufen.

Wenn der Wind eine Zeit lang den Meeresspiegel bestrichen und hierbei dessen obere Schichten in Wellenbewegung versetzt hat, so bewegt sich das Wasser erstens vertikal auf und ab, indem sich Wellenberge herausheben und Wellenthäler bilden, zu gleicher Zeit aber entsteht eine in der Richtung des Windes erfolgende Vorwärtsbewegung des gesamten Oberflächenwassers. Ebenso wie Seegelschiffe und andere Treibkörper an der Wasseroberfläche vom Winde vorwärts getrieben werden, so wirkt der Wind vorwärtsbewegend auch auf die Wasseroberfläche ein. Diese mit dem Winde gleichsinnige Wasserbewegung hört auf, sobald der Wind sich legt; wenn aber konstante Winde eine längere Zeit hindurch wehen, so vermögen sie die Oberfläche des Seewassers in eine andauernde strömende Bewegung zu versetzen. Der 4 Monate lang wehende NO-Monsun erzeugt in der Palkstrasse eine geradezu reissende Strömung des Seewassers nach SW, während der SW-Monsun eine noch heftigere Wasserbewegung nach NO hervorruft.

Allein da die beiden Monsune im Indik während des Jahres regelmässig abwechseln, so wird immer wieder eine Strömung durch die andere aufgehoben.

Anders ist es nun, wenn Jahr aus Jahr ein der Wind in derselben Richtung über die Meeresfläche weht, wie solches im Gebiet der Passatwinde erfolgt. Dann überträgt sich die konstante Bewegung der obersten Wasserschicht durch Reibung auf die darunterliegende, und indem jedes Jahr derselbe konstante Passatwind herrscht, werden immer tiefere Wasserschichten von jener Bewegung erfasst.

Um eine Vorstellung¹⁾ von der Zeit zu geben, welche eine zur Zeit $x=0$ beginnende, konstant bleibende Oberflächengeschwindigkeit braucht, um den Zustand im Innern eines 4000 m tiefen, vorher

1) KRUEMMEL, Ozeanographie S. 346.

ruhenden Ozeans dem stationären entgegenzuführen, sei bemerkt, dass nach 10,000 Jahren in der halben Tiefe, also $x = 2000$ m erst 3,7 % der Geschwindigkeit der Oberfläche herrscht.

Indem man die Richtung der Passatwinde mit der Richtung der Meeresströmungen vergleicht, kann man sich leicht von der Richtigkeit dieser ZOEPPRITZ'schen Strömungstheorie überzeugen. Die Bewegungen ¹⁾ in den einzelnen Ozeanen haben darnach soviel Gemeinsames, dass es nicht schwer fällt, folgendes Schema der Strombewegung eines ideellen Ozeans zu konstruieren, der zwischen zwei, um etwa 90° voneinander entfernten Meridianen gelegen, von Pol zu Pol sich erstreckt: In tropischen Breiten ist sowohl nördlich als südlich vom Aequator eine allgemeine Strombewegung nach Westen vorhanden, getrennt durch eine, zwischen die beiden Aequatorialströme eingeschaltete Aequatorialgegenströmung, welche an der Ostseite in die Westströmung zurückführt. Letztere biegen beide an der Westseite des Ozeans polwärts um, verlassen aber in 40—50° Br. das Ufer, um nunmehr nach Osten abzuweichen, als „Verbindungsströme“ der Gegenküste zuzustreben, wo eine weitere Theilung in zwei Hälften erfolgt. Die eine derselben strebt polwärts, um aber dann, wieder nach Westen umbiegend, bis in den Raum zurückzufließen, den die Verbindungsströmung bei ihrem Abweichen von der Küste zwischen 40 und 50° Br. zwischen sich und der Küste gelassen hat. Die zweite Hälfte wendet sich an der Ostseite des Ozeans dem Aequator zu, um die Aequatorialströmung der gleichen Hemisphäre zu speisen.

Wenn auch dieses Stromschema durch Kompensationsströme, Rotationsströme und Ablenkung durch die Küstenlinie manche Abweichungen erleidet, so stimmen Theorie und Empirie doch so genau überein, dass die neue Strömungstheorie von ZOEPPRITZ als durchaus sicher gelten muss.

Die Ursache der Meeresströmungen ist also nicht der Dichtigkeitsunterschied verschieden schweren Wassers, sondern der Wind.

Die Geschwindigkeit des Golfstromes, oder wie er bei seinem Ursprung an der Ostküste Nordamerikas heisst, des Floridastromes, beträgt in der Sekunde 1,5—2,5 m, doch wechselt die Geschwindigkeit nach den Jahreszeiten. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Geschwindigkeit ab. Am 24. April 1874 fand der CHALLENGER in 1100 m keine messbare Bewegung mehr.

Die Meeresströmungen sind also in erster Linie Oberflächenbewegungen, deren Geschwindigkeit am Boden des tiefen Meeres sehr gering und meist unmessbar klein ist. Ihre mechanische Leistungsfähigkeit ist also mit Rücksicht auf den Meeresgrund und die denselben bewohnenden Organismen überaus geringfügig, obwohl gerade in der geologischen Literatur den Meeresströmungen in dieser Hinsicht irrtümlicher Weise eine ganz hervorragende Rolle zugeschrieben wird.

Aber nach zwei Richtungen verdienen die Meeresströmungen ein hohes bionomisches Interesse.

Bekanntlich kann man den Verlauf einer Meeresströmung am leichtesten mit dem Thermometer bestimmen, d. h. die Temperatur einer

1) KRUEMMEL, Ozeanographie, S. 325.

Meeresströmung unterscheidet sich in der Regel von der Temperatur des umgebenden Wassergebietes. Warme Ströme dringen vom Aequator nach den Polen, kalte Strömungen steigen von hier nach den Tropengebieten. Und so wird die Verteilung der Temperatur des Ozeans nicht so sehr von dem Klima der Breitengrade als von der Richtung und dem Verlauf der Meeresströmungen bestimmt. Die Ozeanströmungen¹⁾ tragen mehr als die Hälfte der tropischen Wärme nach der gemäßigten Zone, der Golfstrom allein $\frac{1}{12}$ der empfangenen Wärme.

Um zu erkennen, wie die Temperatur nicht nur des Meeres, sondern auch der Küsten durch die Meeresströmungen verändert wird, verfolge man den Verlauf einzelner Isothermen, z. B. der nördlichen Juliisotherme²⁾ von 20°. Dieselbe verläuft von O. nach W. durch Nordamerika in einer regelmässig ansteigenden, nur an den Canadischen Seen unterbrochenen Linie von 40—52° N. Br. An der Pazifischen Küste sinkt sie rasch nach dem Aequator zu, bis in 22° N. Br. In ähnlicher Weise steigt dieselbe Isotherme durch Europa und Asien bis zu den Pazifischen Küsten von 50—62° N. Br. Dort aber sinkt sie unvermittelt auf 39° N. Br. In beiden Fällen wird die Verlagerung der Isotherme um etwa 25 Breitengrade ausschliesslich durch Meeresströmungen hervorgerufen.

Nun haben wir in einem früheren Abschnitt gesehen, dass die Temperatur der wichtigste Faktor für die Vertheilung der marinen Organismen ist, dass Salzgehalt, Bewegung, Druck und andere Bedingungen nur nebensächliche Korrekturen an den durch die Temperatur begründeten Hauptzügen faunistischer Grenzen hervorbringen. Und so erkennen wir, welchen Einfluss indirekt die konstanten Winde auf die Vertheilung der Organismen im Meere besitzen.

Aber die Meeresströmungen mit ihren konstanten Temperaturen bieten nicht allein der Meeresfauna eine Gewähr für ihre geographische Lokalisierung, sondern sie vertheilen auch immer aufs neue die Organismen über alle Zonen des Weltmeeres.

Durch den Golfstrom³⁾ werden oft Fische des mittleren und südlichen Atlantik nach Norwegen verschlagen. So: *Gymnctrus Grillis*, *Trachypterus vogmarus*, *Pterycombus brama*, *Lampris guttatus*, *Chironectes arcticus*, *Beryx borealis*, *Sternoptyx Olfersi*, *Cantharus griseus*. Zwar pflanzen sich diese Formen dort nicht fort, allein durch so weitgehende Verschleppung ist die Möglichkeit der Verbreitung neuer Arten in hohem Masse geboten.

Alle freischwimmenden oder treibenden Pflanzen und Thiere, alle freischwimmenden Larven benthonischer Thiere werden von den Meeresströmungen von ihrem Geburts- und Wohnort weit fortgeschleppt, und dadurch alle Meerestheile immer wieder durch neue Einwanderer bevölkert. Alles planktonische Material wird durch die Meeresströmungen so lange verfrachtet, bis die Wasserbewegung ihr Ende erreicht, sei es, dass sie an einer Küste aufläuft oder im offenen Meere sich verliert.

1) HAUGHTON, Lectures on Physical Geography.

2) BERGHAUS-HANN, Physik. Atlas, Meteorologie.

3) NILSON, Compt. Rend. LI, S. 212 nach Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1862, S. 235.

Ein treffendes Beispiel für diese letztere Erscheinung bietet das Golfkraut (*Sargassum vulgare*). Dieser Tang¹⁾ lebt auf felsigem Grunde an den Küsten Mittelamerikas von 32° N.Br. bis 5° S.Br. Hier reissen die sommerlichen Tropenorkane das Golfkraut ab, und der Floridastrom frachtet es nach Nordosten. Im Meere sieht man lange Streifen von Tangbündeln nebeneinander ziehen.

Im Verlauf von 6 Monaten ist das Golfkraut bis südwestlich von den Azoren gelangt; hier hört die Strömung auf und die treibenden Tangsträusschen bleiben an der Meeresoberfläche mit Hilfe ihrer Luftblasen schwimmend erhalten, bis sie verwesen und zerfallen.

Die Planktonorganismen bilden die Nahrung vieler benthonischer Thiere. Infolgedessen beeinflusst der Planktonreichtum einer Meeresströmung den Benthosreichtum des darunter befindlichen Meeresgrundes. Nach AGASSIZ²⁾ wird die Mannichfaltigkeit der pelagischen Fauna des Golfstromes von keiner anderen Fauna übertroffen; und wer je mit aufmerksamen Auge den Golfstrom gekreuzt hat, der ist erstaunt gewesen über den Reichtum desselben an Medusen, Ctenophoren, Heteropoden, Salpen und Krebsen. Nun findet sich das reichste Thierleben³⁾ am Atlantikboden im Gebiet des Golfstromes. Die Gründe der kleinen Antillen, das Yukatanplateau, die Tortugas, das Pourtalesplateau sind bedeckt mit einer Fülle der prächtigsten Thiere, und deren Schalenpanzer häufen sich in diesen Tiefen zu bedeutenden Kalklagern auf. Auch im Gebiet des Kuro-Siwostromes an den japanischen Küsten fand der Challenger eine überaus reiche Thierwelt am Meeresgrunde. Es scheint daher, dass die grosse Zahl des in diesen Strömungen lebenden Planktons die reiche Entfaltung des Benthos am Meeresgrunde veranlasst.

Dem gegenüber wirkt der Golfstrom in geringeren Tiefen schädlich, denn bei Charleston in Tiefen von 180—640 m ist der Meeresboden sehr thierarm. Wahrscheinlich hat der Golfstrom in dieser Tiefe noch so viele Kraft, dass er die Anheftung und Niederlassung von benthonischen Thieren erschwert.

Wir dürfen zum Schluss nicht übergehen, dass die Meeresströmungen ein wichtiges Transportmittel für die Flora und Fauna einer Küste nach einem anderen Gestade sind, dass abgelegene Inselgruppen wesentlich durch Meeresströmungen besiedelt werden.

Von 94 verschiedenen Pflanzensamen, welche MARTIN⁴⁾ in Mittelmeerwasser brachte, sanken 39 unter, während 55 schwammen. Davon keimten 18 Samen nach sechswöchentlichem Aufenthalt in Seewasser, 7 Arten noch nach 3 Monaten, nämlich: *Cucurbita pepo*, *Xanthium macrocarpum*, *Rumex aquaticus*, *Beta vulgaris*, *Ricinus communis*, *Ricinus africanus*, *Ephedra distachya*. Daher darf man sich nicht wundern, wenn lebende Früchte⁵⁾ von *Guilandina bonduc* von den Antillen bis nach den Azoren verfrachtet werden.

1) KRUEMMEL, Petermann's Mitth. 1891, S. 139.

2) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Anat. 1880.

3) AGASSIZ, Blake I, S. 91.

4) Compt. Rend. Acad. Paris 57, S. 266.

5) CHALLENGER, Narrative I, S. 129.

1887 trieben in Port Elisabeth (Südafrika)¹⁾ Nüsse von *Baringtonia speciosa* aus Ostindien an, welche keimten und zu mehreren Fuss hohen Pflanzen heranwuchsen. Auch 4 Stück von *Pelamis bicolor*, einer giftigen Schlange von Sumatra, wurden ans Land getrieben, und ein Exemplar lebte noch. Da zu gleicher Zeit viele Bimsteine durch die Strömungen herbeigeführt wurden, so ist es wahrscheinlich, dass diese Treibkörper aus dem Gebiet des Krakatau herstammten.

Eine grosse Zahl von hierhergehörigen Beispielen führt WALLACE²⁾ an und belegt damit, in welcher Weise die Besiedelung der Inselarchipele vor sich gegangen ist.

KEILHACK³⁾ berichtet, dass man im Vopnafjördr auf Island zahlreiche, vom Meere ans Land getriebene Hölzer und Samen tropischer Gewächse findet. Aus den Urwäldern des Mississippi und Orinoko kommend, führt sie der Golfstrom nordwärts an der Küste von Norwegen hin, bis nach Spitzbergen, dort werden sie von einer entgegengesetzten arktischen Strömung erfasst, die sie wiederum nach Südwesten zurückführt und im nordöstlichen Island ans Land wirft. Unter den Samen findet sich am häufigsten *Entada gigalobium*, dann *Piscidia erythrina*, *Cocos nucifera*, *Cucurbita lagenaria*, *Cassia fistula*, *Anacardium occidentale*. Die Hölzer kommen meist als entrindete, gebildete Stämme, häufig mit Tangen und Muscheln bedeckt, von Pholaden durchbohrt, nach langer Reise an die öden Gestade.

Auf der Fahrt⁴⁾ von Samboangan nach Humboldt-Bai (Neuguinea) traf der Challenger grosse Mengen von Treibholz, welche wahrscheinlich durch den Mamberanfluss ins Meer gefrachtet worden waren. Viele entwurzelte Stämme, deren einer 2' Durchmesser hatte, und eine Menge kleinerer Zweige, Mittelrippen von Palmen, Rindenstücke und Samen von 50 Landpflanzen waren zu sehen. Blätter schienen zu fehlen, denn sie sanken zuerst zum Grunde, so dass sie nahe der Küste dem Sediment beigemischt werden, während Holz und Früchte weiter seawärts getragen werden. Viele Stämme und Aeste schwammen in vertikaler Stellung, obwohl ihr Unterende nicht durch eine Last von Erde beschwert war; die Früchte und Holzstücke waren mit Schneckeneiern, Hydroiden, Radiolarien und Diatomeen bedeckt. Zwei Krabbenarten bewohnten sie; *Lepas* war häufig darauf gewachsen. Enorme Mengen von kleinen Fischen schwärmten unter dem Treibholz und wurden von Delphinen (*Coryphaena*) und Haien (*Carcharias*) verfolgt. Aeltere Holzstücke waren von *Pholas* angebohrt.

Ganz unabhängig von den Meeresströmungen vollzieht sich im Meere eine andere Bewegung des Wassers, welche zwar eine kaum messbare Geschwindigkeit besitzt, aber doch für die Oekonomie des Meeres von grundlegender Bedeutung ist. Die Meereswellen, die Gezeiten, die Strömungen waren oberflächliche Erscheinungen, deren Gebiet die oberen Meeresschichten sind, und welche ihren Einfluss unterhalb 1000 m nur geringfügig geltend machen. Es würde infolgedessen das Wasser der tieferen Regionen vollständig stagnieren, wenn nicht die

1) BUCKLAND, Nature, 1888, S. 245.

2) Island Life.

3) KEILHACK, Reisebilder aus Island S. 215.

4) CHALLENGER, Narrative II, 680.

verschieden dichten Wasser des Weltmeeres sich gegeneinander austauschen, durcheinander diffundiren würden. Man bezeichnet diesen Austausch der verschieden dichten Wassermassen als Wasserversetzung oder Zirkulation.

Die Ursachen der Zirkulation sind: Unterschiede der Temperatur, des Salzgehaltes und des Winddrucks. Das Wasser der Polarmeere, durch die Winterkälte abgekühlt, wird schwerer und sinkt in die Tiefe. Dieses kalte polare Oberflächenwasser, reich an Sauerstoff und Nahrungsbestandteilen, sinkt immer tiefer und fliesst dabei gegen den Aequator zu. (Das Gefälle vom Polarkreis bis nach dem Aequator beträgt 1:1 200 000. Bei einem so geringen Gefälle und bei dem Widerstand der entgegentretenenden Wassermassen kann die Geschwindigkeit der Zirkulation nur eine ganz unmessbar kleine sein.) Im Zusammenhang¹⁾ damit steht es, dass die tiefsten Bodentemperaturen im Weltmeer da gefunden werden, wo die grossen Ozeane die breitesten und tiefsten Zuflüsse vom Polarmeer erhalten. Da das nördliche Polarbecken durch seichte Schwellen von den übrigen Meeren in der Tiefe abgetrennt wird, so kommt die Hauptmasse der Bodengewässer der grossen Ozeane aus dem antarktischen Becken, hat also einen weiten Weg bis in den Nordatlantik und Nordpazifik zurückzulegen. Infolgedessen nimmt die Bodentemperatur der Tiefsee vom Südpolarmeer nach nördlichen Regionen langsam zu.

Die kalte Area und das 13° warme Bodenwasser des Mittelmeeres sind lehrreiche Beweise für die Thatsache dieser langsamen Wanderung des schweren Polarwassers nach dem Aequator, denn der W.-Thomsonrücken ebenso wie die Bodenschwelle von Gibraltar sind unübersteigliche Hindernisse der vordringenden schweren Tiefenwasser.

Eine zweite Ursache der Zirkulation ist der verschiedene Salzgehalt des Meerwassers. In den Tropen verdunstet jährlich eine Wasserschicht von 2—3 m, im Rothen Meer sogar von 7 m Dicke; infolgedessen sinken stets schwere salzreichere Wasserschichten in die Tiefe, während leichte salzärmere statt dessen emporsteigen. Besonders in unselbstständigen Meeren werden dadurch konstante Zirkulationsströme erzeugt, welche in manchen Fällen sogar in ihrer Bewegung den Meeresströmungen nahekommen. So dringt ein salzreicher Unterstrom beständig durch die Strasse von Gibraltar nach dem Atlantik, während ein salzarmer Strom atlantischen Oberflächenwassers dafür in das Mittelmeer eintritt. Im Gegensatz hierzu tritt eine salzarme Strömung durch die dänischen Strassen aus der Ostsee nach der Nordsee heraus, während in 20 m Tiefe das salzreichere Nordseewasser bis nach Rügen hereindringend verfolgt werden kann.

Endlich finden wir eine dritte Ursache der Wasserversetzung in dem Windstau. Jeder kräftige Wind, welcher eine Zeit lang auf eine Wasserfläche einwirkt, treibt das Wasser an der dem Wind entgegenstehenden Luvküste in die Höhe, während er in seinem Rücken auf der Leeküste eine Depression des Wassers herbeiführt. Der Wind erzeugt also einen gleichsinnigen Oberstrom, während durch einen widersinnig verlaufenden Unterstrom die Druckdifferenz wieder ausgeglichen werden soll.

1) KRUEMMEL, Ozeanographie II, S. 289.

Diese Strömungen sind allerdings in seichten Meeren besonders deutlich zu erkennen, allein selbst die grossen Ozeane zeigen eine Temperaturvertheilung, welche darauf schliessen lässt, dass auch hier der Windstau eine Rolle spielt. Die Westküsten von Afrika und von Südamerika werden nicht nur durch den kalten Polarstrom abgekühlt, der ihre Ufer bespült, sondern auch durch das kalte Auftriebwasser, welches infolge der dort herrschenden Winde empordringt.

Der Mangel von Korallenriffen an diesen Küsten erklärt sich daraus ungezwungen.

Durch die drei genannten Ursachen werden die Wasser der verschiedenen Ozeane immer wieder aufs neue durcheinandergemischt. Nimmt man die Thätigkeit des Windes und der Gezeiten mit hinzu, so erkennt man leicht, dass die in unmessbarer Geschwindigkeit verlaufende Wasserversetzung überall stattfindet, dass aber die vornehmste Ursache derselben in dem Vordringen des kalten schweren Polarwassers nach der Tiefsee des Aequators liegt.

Wenn wir zu den genannten Erscheinungen noch diejenigen Bewegungen hinzufügen, welche durch die Lebensthätigkeit des Nekton und des vagilen Benthos im Meere überall erzeugt werden, so sehen wir die gesammte Masse des Ozeanwassers beständig durcheinander gerührt und erkennen darin die Ursache für die qualitative Homogenität des Seewassers vom Pol bis zum Aequator.

Diese beständige Wasserbewegung, so gering auch ihr Ausmaass sein kann, hat sehr bedeutungsvolle bionomische Folgen.

Wir haben früher auseinander gesetzt, dass die Organismenwelt Kohlensäure und Sauerstoff bedarf, wenn sie existiren und sich fortpflanzen will. Es können infolgedessen nur da marine Pflanzen und Thiere gedeihen, wo das Meerwasser diese beiden Gase enthält.

Das Meerwasser vermag sehr viel Luft zu absorbiren, und wenn auch die oberflächliche Wellenbewegung das Wasser mit atmosphärischer Luft versorgt, so wird doch andererseits durch den Assimilationsprozess der Meerespflanzen im diaphanen Gebiet überall Sauerstoff gebildet und durch die an allen Orten stattfindende Thierathmung und Verwesung organischer Substanzen Kohlensäure geliefert. Durch diese dreifache Ursache wird der Luftgehalt des Meerwassers ein ziemlich beträchtlicher. Es kommt hinzu, dass das Meerwasser um so mehr Luft zu absorbiren und festzuhalten vermag, je kälter es ist. Infolgedessen nimmt der Luftgehalt nach dem Polargebiet und nach der kälteren Tiefsee beständig zu, das schwere Polarwasser fliesst durch die Wasserversetzung am Boden des Meeres vom Pol nach dem Aequator und damit wird die Tiefsee aller offenen Meere beständig mit neuer Luft versorgt.

Nach den Versuchen von REGNARD ¹⁾ diffundirt Sauerstoffgas so langsam in einer ruhenden Wassersäule, dass es etwa in einem Jahr nur 4 m tiefer dringt. Es würde also die Luftversorgung der tieferen Wasserschichten eine sehr kargliche sein, wenn der Ozean ruhiges Wasser besässe. Allein die eben geschilderte Wasserversetzung gleicht diesen Fehler aus und bewirkt es, dass die im Wasser gebildete, oder

¹⁾ Comptes Rend. Soc. de Biologie 1892, nach Centralblatt f. Physiologie 1892, S. 540.

durch die Wellen eingeführte Luft überall hindringt und überall Leben möglich machen kann.

BUCHANAN ¹⁾ fand auf der Challengerreise folgende Werthe:

Tiefe des Wassers:	Luftvolumen:	Sauerstoffvolumen:	Kohlensäurevolumen:
Oberfläche	13—28 ‰	29—35 ‰	5—27 ‰
meistens	16—20 „	32—34 „	16—20 „
9 m	19 „	33 „	17 „
18 „	15 „	32 „	17 „
45 „	15—18 „	31—33 „	10—18 „
90 „	14—25 „	29—35 „	10—35 „
180 „	16—20 „	18—30 „	11—23 „
360 „	16—20 „	23—28 „	15—26 „
550 „	18—20 „	10—24 „	18—31 „
730 „	20—23 „	12—19 „	20—32 „
1460 „	21—27 „	22—25 „	17—42 „
1645 „	23 „	28 „	19 „
2740 „	22 „	13 „	31 „
4190 „	28 „	23 „	24 „
5210 „	31 „	28 „	37 „

Bodenwasser ergab folgende Werthe:

5480 m	22 ‰	24 ‰	26 ‰
8360 „	16 „	29 „	14 „

Wenn wir die bei dem Menschen gewonnenen Resultate zu Grunde legen dürfen, so braucht ein höheres Wirbelthier im Laufe eines Tages pro Kilo Körpergewicht 6500 cem Sauerstoff für seine Athmung. Freilich dürfen wir diesen Werth nicht auf die niederen Thiere anwenden, denn hier ist infolge der wechselwarmen Körpertemperatur und der geringen Lebensenergie auch der Sauerstoffverbrauch ein überaus geringer.

BUNGE ²⁾ zeigte, dass die im Darne der höheren Thiere lebenden parasitischen Würmer mehrere Tage lang ohne Zufuhr von Sauerstoff leben können, und dass auch die im Schlamm lebenden niederen Thiere ein sehr geringes Sauerstoffbedürfniss besitzen.

Wenn wir also bedenken, welche Menge von Sauerstoff im Meerwasser in allen Breiten und Tiefen enthalten ist, dann verstehen wir, dass von dieser Seite dem Thierleben nirgends eine Grenze gesetzt ist.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Meerespflanzen. Aquarien, ohne Wasserwechsel, in denen man Seethiere halten will, müssen durch einen sinnreich erdachten Durchlüftungsapparat stets mit frischer Luft versorgt werden. Dagegen zeigten die Versuche von OLTMANNS ³⁾, dass Kulturen von Seealgen ohne diese Durchlüftung besser gediehen, ja dass die in durchlüfteten Aquarien gehaltenen Algen häufig durch Absterben der Spitzen litten. Die für die Athmung der Pflanzen nöthige Sauerstoffmenge wird durch den Assimilationsprozess erzeugt, sofern sie nicht schon im Wasser enthalten war. Dagegen wird durch das Durchleiten

1) BUCHANAN, Chall. Rep. Phys. and Chem. I, S. 156.

2) BUNGE, Zeitschr. für physiol. Chemie 1888, S. 565; 1890, S. 321.

3) OLTMANNS, Jahrb. f. wissenschaft. Botanik 1891, S. 368.

von Luft, die im Seewasser vorhandene Kohlensäure mit abgegeben. Diese Verminderung des Kohlensäuregehaltes ist aber für das Leben der Pflanzen nachtheilig.

So sehen wir im Meere durch die Wasserbewegung und Wasserversetzung einen Kreislauf der Gase unterhalten. Atmosphärische Luft wird durch Süßwasserströme, durch Wellen und Brandung dem Ozean zugeführt. Kohlensäure bildet das athmende Thierreich und die verwesenden organischen Substanzen. Die Pflanzenwelt assimilirt diese Kohlensäure unter dem Einfluss des Lichtes, bildet Protoplasma und organische Stoffe, welche dem Thierreich zur Nahrung dienen, und spaltet Sauerstoff ab, der wieder von den Thieren durch den Athmungsprozess in Kohlensäure umgewandelt wird.

10. Die Flora des Litorals.

Das Litoralgebiet bildet die Grenze und zugleich das vermittelnde Uebergangsgebiet zwischen Festland und Ocean. Und während die Organismenwelt des Landes in der Litoralzone gegen das Meer vordringt und in einzelnen Vorposten sich in das flüssige Element hineinwagt, strebt zu gleicher Zeit die Lebewelt des Meeres, hinauszuschreiten über die Grenzen, welche ihr durch die Verbreitung des Seewassers gezogen sind.

Eine scharfe Grenze zwischen Geobios und Halobios zu ziehen, ist ein vergebliches Bemühen, denn das Litoral wird von beiden bewohnt.

Wenn wir vom Standpunkt der Pflanzengeographie das Litoralgebiet prüfen, so lernen wir dasselbe als den Schauplatz zweier Wanderungen kennen.

Auf der einen Seite sehen wir einzelne Vertreter, Gattungen oder Arten der festländischen Flora gegen das Meer vordringen und sich anpassen an die Existenzbedingungen des salzigen Bodens der vielbewegten Küstenzone; in der Mangrove dringt die Landflora muthig in das nasse Element selbst hinein, und die Seegräser sind im Salzwasser schon so heimisch geworden, dass sie selbst im Süßwasser nicht mehr zu leben vermögen. Dem gegenüber dringt die Flora des Meeres in die Lagunen und Aestuarien hinein, erklettert die Felsen der Küste und erträgt selbst Trockenheit und Wassermangel während der Ebbe.

Betrachten wir in einigen charakteristischen Beispielen diese beiden erdgeschichtlich überaus wichtigen Wanderungen.

Die Küste ist in der Regel mit jungen marinen Absätzen bedeckt, mit Kalksanden, Thonschlamm oder Geröllen. Oder landwärts wehende Winde haben den am Ufer ausgespülten Sand zu hohen Dünenzügen aufgeschüttet. Diese Sedimente sind durchtränkt mit Salz und sind infolgedessen von einer Salzvegetation bedeckt, welche als Küstenflora oder Strandflora geradezu charakteristisch ist.

Die ganze Flora¹⁾ der Küste steht gleichsam unter dem Banne des zu grossen Gehaltes des Bodens an Chlornatrium, welches einer

1) SCHIMPER, Indomalayische Strandflora. Jena 1891, S. 6.

reichen Formentfaltung keinen Spielraum gewährt, sondern die Wahl zwischen einigen wenigen Typen der Organisation gebietet.

Da der Salzgehalt¹⁾ des Bodens landeinwärts ganz allmählig abnimmt, so ist die Küstenflora durch graduelle Uebergänge mit der Landflora verknüpft. Oftmals kann man jedoch mehrere hintereinanderliegende Vegetationszonen unterscheiden. Zu innerst finden wir eine Uebergangszone, innerhalb deren der Salzgehalt des Bodens verschwindet. Hier wachsen *Silene otites*, *S. Portensis*, *Dianthus gallicus*, *Althea officinalis*, *Astragalus Bayonensis*, *Bupleurum tenuissimum*, *Centaurea aspera* und *Erythraea spicata*; es ist dies die Zone der Dünen und Sandebenen, dieselbe fehlt an steilen Küsten.

Ephedras bilden den Uebergang zu den beiden anderen Zonen, die aufs engste mit der Beschaffenheit des Bodens zusammenhängen. Auf felsigem, steinigem Grunde siedelt sich die Flora der Küstenfelsen an: *Cakile maritima*, *Arenaria peploides*, *Crithmum maritimum*, *Salsola kali*, *Atriplex crassifolia*, *Triticum junceum*. Wo aber der Strand sandig und schlammig ist, da bilden *Spartina stricta*, *Salicornia* und andere *Chenopodiaceae* die Zone des Schlammes.

Natürgemäss kann man eine Menge von Uebergängen und Veränderungen auffinden; im Allgemeinen dringen etwa 30 Pflanzen bis hart an das Ufer des Meeres heran, ohne unter dem vermehrten Salzgehalt des Bodens zu leiden.

Dass es wesentlich der Salzgehalt ist, der die Zusammensetzung der Strandflora bestimmt, geht daraus hervor, dass man manche dieser Strandpflanzen auch im Binnenlande wiederfindet, wo der Boden mit Salz getränkt ist. So konnte SCHULZ²⁾ auf dem salzhaltigen Boden bei Halle folgende echte Salzpflanzen nachweisen: *Ranunculus Baudotii*, *Spergularia salina*, *Sp. marginata*, *Aster tripolium*, *Artemisia maritima*, *Erythraea linariifolia*, *Glaux maritima*, *Chenopodium maritima*, *Salicornia herbacea*, *Scirpus rufus* u. A.

Neben diesen Salzpflanzen, welche durch den Chlornatriumgehalt des Bodens an die Küste gelockt werden, finden wir aber auf den sandigen Dünenküsten eine besonders geartete Flora, die wir oben schon vom französischen Litoral erwähnten, welche aber auch an den deutschen Küsten reich entwickelt ist. Die Sandpflanzen haben die Fähigkeit, zwischen ihren Halmen und Blättern Sand zu fangen und durch denselben hindurch zu wachsen, so dass sie bei der Anhäufung der Sanddünen oftmals eine wichtige Rolle spielen.

*Ammophila arenaria*³⁾ und *Elymus arenarius* gedeihen infolgedessen auf den Dünen Jütlands ausgezeichnet.

Wenden wir uns von diesen Vegetationsbildern des nordischen Litorals südlicheren Breiten zu, so finden wir an den Küsten des Rothen Meeres in den Schorawäldern eine charakteristische Litoralflora.

In drei Vegetationsformen⁴⁾ tritt die Schora (*Avicennia offici-*

1) CONTEJEAN, Ann. des Sc. Nat. 6. Serie. Botanique II, S. 236.

2) SCHULZ, Die Vegetationsverhältnisse der Umgebung von Halle 1888, S. 59.

3) MAAK, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1865, II, 203.

4) SCHWEINFURTH, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1865, I, S. 301.

nalis und *A. tomentosa*) vor die Augen des Beschauers. Erstlich bildet sie am trocknen Ufer, doch nie die Fluthmarke überschreitend, dichte schönbelaubte Gebüsch, welche zu weiten Dickichten angedehnt, nicht selten von Meereserweiterungen, stagnirenden Pfützen und Sümpfen unterbrochen werden. Im tiefen Schatten dieses Buschwerkes, unter welchem durch Ansammlung des lederartigen Laubes schwarzer Humus niedergesetzt ist, herrscht zur Mittagszeit eine erstickend heisse, durch zahlreiche ausgeworfene Thierleichen verpestete Luft. Tausend leichtfüssige Krabben tummeln sich während der Ebbe, einander die Beute abjagend, auf diesem Terrain, während die schönsten Singvögel auf den massiven Kronen der Büsche nisten; dies ist die häufigste Gestalt der Schora.

Seltener, namentlich bei Wadi Lechuma, bildet sie freie Stämme, welche in unbeschreiblicher Mannichfaltigkeit barocker Biegungen und Krümmungen sich aus der Fluth erheben, selbst während der Ebbe noch mehrere Fuss unter dem Wasserspiegel wurzelnd. Graziöse Kronen, von schlanken weisslichen Gabelästen getragen, aber starr und unbeweglich im Winde, werfen dunkle Schatten auf die im Sonnenlicht glänzende Meeresfläche.

Eine dritte Gestalt nimmt die Schora auf weite Strecken in ihren Kolonien zahlloser Schösslinge an, welche den von der Fluth markirten Saum des Gestades bedecken. In gleichen Abständen ragen die senkrecht nur wenige Zoll aus dem Sande sich erhebenden Stummel hervor und erschweren ausserordentlich das Gehen, während zwischen ihnen unzählige Krabben und Taschenkrebse vor den Füssen des Wanderers hin und her laufen.

Unendlich viel reicher ist die Litoralflora der Tropenmeere; die formenreiche Vegetation, welche in diesem beständig warmen und feuchten Klima gedeiht, hat auch eine grössere Anzahl von Vegetationsgruppen in das Litoral entsendet, und diese zeigen die merkwürdigsten Anpassungserscheinungen an die Lebensbedingungen des Meeresgestades.

Wie die Bevölkerung der Küsten¹⁾ in ihrem ganzen Thun und Treiben, so zeigen sich auch die oft sehr üppigen pflanzlichen Strandgesellschaften der Tropen in mannichfachster Weise vom Meere beherrscht. Einerseits trägt der Bau dieser Gewächse das Gepräge der mit dem Leben auf dem Strande verbundenen Gefahren, in Schutzmitteln der transpirirenden Organe gegen die ungünstige Wirkung der Seesalze, in solchen der ganzen Pflanze gegen Seewind und Wellenschlag, gegen die Bewegungen der Ebbe und Fluth oder des losen Dünenlandes; andererseits aber auch ausgiebige Ausnutzung solcher Vortheile, wie sie das Meer ihnen bietet, namentlich der Strömungen, welche ihre Früchte und Samen auf ungeheure Entfernungen forttragen und welchen so viele Strandpflanzen in erster Linie ihre transoceanischen Areale verdanken.

Die Blattstruktur der Strandpflanzen zeigt Schutzeinrichtungen gegen zu starke Verdunstung wie bei Wüstenpflanzen, die Blätter werden klein und dick.

Während in den aussertropischen kälteren Zonen die Strand-

1) SCHIMPER, Strandflora, S. 6 f.

flora, wie wir oben gesehen haben, eine sehr kärgliche Entwicklung findet, können wir nach SCHIMPER in den Tropen 4 verschiedene Zonen der Küstenv egetation unterscheiden. Vom Lande aus begegnen wir zuerst der *Peseapraeformation*. Der sandige Boden, welcher sich landeinwärts mancher tropischen Küsten findet, ist bewachsen mit *Ipomoea pescaprae*, dazu kommen *Tamarix gallica*, *Salicornia*, *Salsola* und andere Gewächse. Erschwerte Befestigung am losen Substrat, erschwerte Wasserversorgung, Kampf gegen den Seewind oder Benutzung desselben zum Transport der Früchte auf der glatten Sandfläche lassen sich aus den merkwürdigen Gestalten geradezu herauslesen.

An waldbedeckten Küsten dagegen zeigt sich die Nähe des Meeres in dem Auftreten der *Barringtoniaformation*. Der Salzgehalt des Bodens ruft Schutzmittel gegen Transpiration hervor, die dicken Lianen der Urwälder werden seltener, und die Epiphyten verschwinden immer mehr. Die Früchte und Samen sind selten an Windtransport angepasst, sie sind von einer luftführenden Schale umgeben, welche den Transport durch Meeresströmungen erleichtert, oder von einem fleischigen Mantel, der für die strandbewohnenden Krebse ein willkommenes Nahrungsmittel ist. Einsiedlerkrebse auf *Noesa Kambangan* leben von den Früchten von *Hernandia peltata* und *Cycas circinalis* und auf den Cocosinseln, wo beerenfressende Vögel fehlen, verbreiten die Krabben die Samen von Bäumen und Sträuchern weit landeinwärts. Die Flora setzt sich zusammen aus *Barringtonia speciosa*, *Pandanus*, *Casuarina* und vielen anderen Bäumen und Sträuchern. Haben wir das dichte Geflecht von Zweigen des *Barringtoniasaumes* durchbrochen und sind in das Innere der Waldpartie eingedrungen, so sehen wir auf dem sandigen oder steinigen, nur von spärlichen toten Blättern bedeckten Boden, sich nackte Stämme erheben, die vielfach durch dünne Schlingpflanzen verbunden werden, jedoch sehr selten Schmarotzer tragen. Stehen die Bäume weniger dicht, so sind die Zwischenräume von einem struppigen Unterholz eingenommen. In Birma werfen die Bäume der *Barringtoniaflora* während der trockenen Jahreszeit ihr Laub ab.

Die weniger salzigen Lagunen und Sümpfe in der Nähe des Meeres, die nur von den höchsten Fluthen erreicht werden, und die Ufer der tropischen Flüsse in grösserer Entfernung von ihrer Mündung, wo das Wasser nur schwach salzig ist, werden von einer Uebergangsflora bewohnt, welche nach der Palme *Nipa fruticans* als *Nipaformation* bezeichnet wird. Zwischen den dichten Palmengebüschen findet sich ein Farn: *Chrysodium aurcum*. Von anderen Bewohnern dieser Region seien: *Avicennia*, *Terminalia*, *Pandanus* und *Phönix* genannt.

Viel verbreiteter und wegen ihrer eigenthümlichen Pflanzenformen charakteristischer ist die *Mangroveformation* oder der Gezeitenwald. An allen feuchten, tropischen Küsten ist in Buchten und Flussmündungen, wo die Brandung schwächer ist, selten an offenen Stellen, der Strand von einem Gebüschgürtel umsäumt, welcher als die *Mangrove* bezeichnet wird. Etwa 15 verschiedene Gattungen betheiligen sich an ihrer Zusammensetzung, welche meist sehr charakteristische Anpassungen an ihren Standort aufweisen.

Bei Fluth scheint die Mangrove als eine zusammenhängende hellgrüne Laubkrone direkt auf dem Meeresspiegel zu schwimmen. Bei Ebbe sieht man ein dicht verschlungenes Flechtwerk stelzenartiger Wurzeln und Stämme, auf denen die Blätterkrone aufsitzt. Die Breite des Mangrovesaumes ist sehr wechselnd, beträgt aber bisweilen mehrere Kilometer.

Die wichtigsten Pflanzen der Mangrove sind: *Rhizophora*, *Bru-giera*, *Sonneratia*, *Avicennia* u. A. Zur Ebbezeit sieht man im Innern der Mangrove eine dunkelgraue bis blauschwarze Schlammfläche, in welcher grössere oder kleinere Tümpel noch mit Wasser gefüllt sind. Die Luftwurzeln und Stämme sind ohne pflanzliche Schmarotzer, dagegen leben viele Thiere auf ihnen, Cirripeden und Austern bedecken sie in dichten Krusten, die für die Mangrove charakteristische *Neritina* kriecht auf Aesten und Blättern umher, und ungemein bissige Ameisen bauen aus lebenden Blättern ihre faust- bis kopfgrossen Nester. Der Schlammboden ist bewohnt von metallischblauen Krabben, zahllosen *Periophthalmus*, welche mit ihren Vorderflossen dahinspazierend, eine zierliche Spur hinterlassen, Schmetterlinge fehlen nicht, auch grosse Meeresvögel sind gelegentlich zu sehen, obwohl sie hier nicht nisten. Krokodile und Tiger sind im Gangesdelta häufig. Die Stille wird nur durch das Platzen der grossen Gasblasen unterbrochen, welche aus dem verwesenden Schlamme aufsteigen.

In der Mangrove der Congomündung¹⁾ lebt *Gelasimus perlatus*, *Balanus amphitrite*, *Teredo senegalensis*, bei Porto da Lenha *Galatca radiata* und *Ampullaria guinacca*, welche mit treibendem Schilf oft weit ins Meer verschleppt werden.

An der Küste von Panama²⁾ leben in der Mangrove: *Potamidex Arca*, *Cyrena*, *Potamomya*, *Auricula*, *Purpura*, während *Litorina* bis hoch in die Blätter der Bäume hinaufklettert.

Während die bisher besprochenen Pflanzen zwar viele Anpassungen an die Nähe des Meeres erkennen lassen, dabei aber doch echte Landpflanzen geblieben sind, so dass selbst die amphibischen Mangroven nicht völlig untergetaucht wachsen, so sind 8 Phanerogamengattungen echte Meeresbewohner geworden und als Seegräser³⁾ wohlbekannt. Aus der Familie der Hydrocharitaceen sind es die Gattungen *Enhalus* und *Thalassia*, von den Potameen die Gattungen *Cymodocea*, *Halodule*, *Zostera*, *Phyllospadix*, *Posidonia* und *Halophila*. Alle besitzen schmale grasähnliche ungestielte Blätter (bei *Cymodocea* kommen binsenförmige, bei *Halophila* rundliche Blätter vor) welche auf einem kriechenden Wurzelstock büschelweise angeordnet sind. Die Seegräser finden sich von 70° N. Br. bis 60° S. Br., bewohnen aber ausschliesslich die flachen Meeresgebiete nahe der Küste. Sie lieben sandigen oder schlammigen Grund und bevorzugen in den Tropen den feinen Sand der Korallenriffe. Nur *Posidonia oceanica* findet man auch auf Felsen angewachsen. Manche lieben die geschützten Buchten des Strandes und dringen weit in den Unterlauf der Flüsse ein, jedoch können sie in reinem Süsswasser nicht leben.

1) Gazellenexpedition Bd. III, S. 39.

2) P. FISCHER, Conchiliologie I, S. 167.

3) ASCHERSON, Petermann's Mitth. Bd. 17, S. 241, Taf. XIII.

Im Kieler Hafen reicht die Region von *Zostera marina* nur bis 11 m, dann beginnt der schlammige Boden, auf welchem keine Seegräser gedeihen. Im Wattenmeere, in der Zuidersee, in den Lagunen von Venedig sind die bei Ebbe halbtrockenen Gebiete mit dichten Rasen von Seegras bedeckt.

Posidonia oceanica wurde noch in 65 m Tiefe gefunden. Die Samen der Seegräser keimen so rasch, dass sie einen langen Transport im offenen Meere nicht ertragen. Infolgedessen ist die Verbreitung der Seegräser auf die ununterbrochene Linie der Küsten beschränkt und mit wenigen Ausnahmen überschreitet keine Art die Fläche eines breiteren Ozeans.

Aus der Thatsache, dass die Seegräser in Süßwasser nicht leben können, darf man vielleicht den Schluss ziehen, dass sie direkt aus landbewohnenden Pflanzen entstanden und vom Lande her ins Meer eingewandert sind. Jedenfalls sind sie nicht als umgewandelte Meeresalgen zu betrachten, da sie in ihrer Organisation ganz den Charakter der Rückbildung aus landbewohnenden Pflanzen tragen.

Den bisher besprochenen Landpflanzen, welche auf der Einwanderung in das Meer begriffen, das Litoral bewohnen, stehen eine, wenn auch sehr geringe Zahl von Meerespflanzen gegenüber, welche vom Ozean aus gegen das Land vordringen. Es ist begreiflich, dass die Meeresalgen ohne Spaltöffnungen und ohne Cutikulargebilde nicht recht geeignet sind, vom Wasser auf das Land vorzudringen, und so verstehen wir leicht, dass nur wenige Formen den Versuch gemacht haben. Das Zurücktreten ¹⁾ des eigentlichen Elementes der marinen Gewächse an der Niveaugrenze des Meeres bewirkt allerdings kein plötzliches Verschwinden derselben, vielmehr ist noch ziemlich weit über die Ebbegrenze hinaus das anstehende Gestein der Küste im Golfe von Neapel den grössten Theil des Jahres mit einer dichten Algendecke versehen, welche oberhalb der Fluthgrenze spärlicher wird und zuletzt ganz verschwindet. Erst nach einem breiten, vollkommen vegetationslosen Gürtel schliessen sich hieran dann die ersten spärlichen Bestandtheile der Landflora an.

Dieser oberhalb der Ebbegrenze in der Schorre auftretende Vegetationsgürtel besteht der grossen Mehrzahl nach aus Arten, welche für diese Standorte charakteristisch sind, die entweder nur hier vorkommen, oder doch, wenn sie in das Meer hinabtauchen, nur eine kümmerliche Ausbildung zeigen. Mit ihrer Basis etwas unter dem Wasserspiegel an den Felsen befestigt, flottiren die Algen im Wasser, heben und senken sich mit jeder Welle.

Der „supralitorale“ Pflanzengürtel geht an Stellen mit spritzender Brandung mehrere Meter über die Fluthgrenze hinauf. *Bangia*, *Porphyra*, *Nemalion* halten ein mehrstündiges Trockenliegen zur Sommerszeit ohne Schaden aus. An vollständig brandungslosen Buchten fehlt die Algenvegetation über der Fluthgrenze.

Die meisten Formen sind niedrig und wachsen in dichten Rasen, so dass sie sich durch das capillar zurückgehaltene Wasser bei Ebbe vor Verdunstung schützen. *Callithamnium granulatum* saugt sich wie ein Schwamm voll Wasser und verhindert dadurch das Austrocknen.

1) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station Neapel 1882, S. 404.

Bangia, *Nemalion*, *Gelidium crinale*, *Polysiphonia obscura*, *P. sertularioides*, *Laurencia papillosa*, *Bryopsis muscosa*, *Sphacelaria tribuloides*, *Cladophora*, *Agagropila*, bevorzugen die zeitweise trocken liegenden Standorte so, dass man sie sehr selten ganz unter Wasser beobachtet.

Auch an unseren nordischen Küsten leben manche Tange nur im Gebiet der Schorre. *Fucus vesiculosus* bildet um die Küsten von Helgoland einen dichten Gürtel, welcher bei Ebbe vollkommen ausser Wasser liegt; dann hängen die Tangbüschel wie Fransen an einem Kleid eng aneinander gedrängt vom Felsen herab. Eine schleimige Sekretion schützt die Oberfläche der Algen vor Austrocknung, und eine nicht uninteressante Fauna kleiner Schnecken, Würmer, Echinodermen und Bryozoen bedeckt der Tangenmantel, bis die wiederkehrende Fluth ihr neues Wasser zuführt.

11. Die Litoralfauna.

In der gleichen Weise, wie wir es im vorigen Abschnitt von den litoralen Pflanzen geschildert haben, wandert auch die festländische Thierwelt in mehreren Typen nach dem Ozean und passt sich so sehr an das Wasserleben an, dass wir in der litoralen Fauna eine Anzahl charakteristischer anatomischer Eigenthümlichkeiten entstehen sehen; andere Formen sind als Nekton bis in das offene Meer hineingedrungen, und ihr morphologischer Bau weicht noch mehr von dem ihrer festländischen Stammformen ab.

Die Sirenen, Robben und Walrosse sind zwar Festlandsthiere, allein sie können nur am Wasser leben. Zwischen den Korallenriffen des Rothen Meeres, an den Küsten des Indik lebt der Dugong *Halicornes*, indem er Seegräser abweidet. An den nordischen Küsten finden wir Schaaren von Robben, deren Schwimmfüsse sie sehr geeignet machen, um unter Wasser ihre aus Fischen bestehende Beute zu ergreifen. Die nahe verwandten Walrosse (*Trichechus*) wühlen mit ihren langen säbelartigen oberen Eckzähnen den Sand des Meeresbodens nach *Mya arenaria* durch, und zerbrechen mit ihren breiten Mahlzähnen die Muscheln. Delphine und Wale sind vom Litoral ins offene Meer gewandert und bewohnen vielfach so ausschliesslich die Hochsee, dass uns das Auftreten von *Iniä* im Amazonenstrom, von *Platanista* im Ganges und von *Sotalia Trussii* in afrikanischen Flüssen wunderbar erscheint, während das Vorkommen dieser Säugethiere im offenen Meer, obwohl es so merkwürdig ist, doch als eine selbstverständliche Erscheinung betrachtet wird.

Auch aus der Klasse der Vögel sehen wir eine Anzahl von Gattungen auf dem Wege, Meeresthiere zu werden und als solche das Litoral oder die Hochsee zu bewohnen. Die Lummern an den nordischen Küsten, die Pinguine im Gebiet des südlichen Eismeeress haben das Flugvermögen gegen das Schwimmen und Tauchen vollständig ausgetauscht und bevölkern in ungeheuren Schaaren die Klippen der Felsengestade, während die Möven, Albatrosse, Seeschwalben u. s. w. ihre Nahrung im schnellen Flug auf offener See erhaschen oder auf dem Wasser ruhen, und nur zum Brutgeschäft einsame Inseln und felsige Küsten aufsuchen wo sie mit den vorigen auch als Guanobildner eine geologische Rolle spielen.

Von Reptilien finden wir mehrere Gattungen von Schlangen nur im Meere, wo sie oft fern von der Küste an der Wasseroberfläche

träge dahinschwimmen, oder auf Korallenriffen, wo sie den Muränen gleich in Spalten versteckt, durch ihren giftigen Biss gefährlich sind.

Eine Anzahl Schildkröten sind Bewohner der hohen See und kehren in Schaaren ans Land, wenn sie ihre Eier ablegen wollen. Der starke Panzer schützt sie nicht vor den Angriffen ihrer Feinde, denn im Magen eines 242 cm langen Haies fand man eine 34 cm lange und 24 cm breite Seeschildkröte¹⁾.

Die Eidechse *Amblyrhynchus* lebt marin und auch manche Krokodile sind gegen Seewasser unempfindlich und werden in den litoralen Fluthen gefunden.

Amphibien sind dem Meere vollständig fremd, und wir haben Grund zu der Annahme, dass es auch nie in der Vorzeit marine Amphibien gegeben habe.

Aus der Gruppe der Insekten sind die beiden Hemipteren²⁾ *Halobates* und *Halobatodes* Bewohner des offenen Meeres geworden, und eine Spinne wird auf Korallenriffen gefunden. So sehen wir eine ganze Anzahl von höheren Thieren, deren Stammeltern zweifellos dem Geobios angehörten, als eingewanderte Fremdlinge im Meer; und manche derselben nehmen einen grossen Antheil an der Zusammensetzung der Litoralfauna.

Dagegen sind gewisse Meeresthiere auf der Wanderung vom Meer nach dem Festland begriffen. Wenn wir hier einmal absehen von den Fischen, welche durch die natürlichen Wanderwege der Flüsse bis in das Herz der Kontinente gelangen, und nur diejenigen Formen berücksichtigen, welche direkt durch die Schorre in das Litoralgebiet eindringen, so finden wir von Wirbelthieren nur einige Fische. *Periophthalmus* und *Boleophthalmus*³⁾ hüpfen mit Hilfe ihrer beineartigen Brustflossen zu Tausenden am Strande umher, wo sie nach Schnecken (*Onchidium*) und Insekten jagen. Im Gangesdelta kann man oft den ganzen Strand mit den zierlichen Laufspuren dieser Fische bedeckt sehen. Sie sind ungemein schwer zu fangen und hüpfen selbst eine Strecke über die Wasseroberfläche hinweg, ehe sie untertauchen.

Die Labyrinthfische unternehmen grosse Wanderungen auf das Festland, und *Anabas scandens* soll sogar Palmen erklettern können.

Aus der Klasse der Krebse leben *Birgus latro*, *Gecarcinus rusticola*, *Grabsus*, *Sesarma* in den Tropen, fern von allem fliessenden oder stehenden Wasser, in feuchten Wäldern⁴⁾, unter Steinen und vermodernden Bäumen und sind selbst im Stande, sich stundenlang der Sonne auszusetzen. Obwohl sie Kiemen besitzen, so sind dieselben doch klein, und nach dem Urtheil SEMPER's athmen sie direkt die atmosphärische Luft ein.

Auch Mollusken wie: *Ampullaria*, *Neritina*, *Purpura*, *Litorina*, *Patella*, *Chiton* u. A. sind im Stande, lange Zeit ausser Wasser zu leben und einige *Neritinen* der Philippinen und Palaninseln leben beständig auf dem Land und gehen wahrscheinlich nur dann ins Wasser, wenn sie ihre Eier ablegen wollen.

1) Gazelle I, S. 257.

2) CHALLENGER, Report, Zool. Vol. VII.

3) SEMPER, Existenzbedingungen I, S. 231.

4) v. KENNEL, Arbeiten d. Zool. Inst. Würzburg VI S. 9.

So ist das Litoralgebiet auch für die Faunen des Landes und des Meeres eine vermittelnde Zone, und die Litoralfauna setzt sich zusammen aus Formen, welche vom Land nach dem Meere vordringen, und aus solchen Vertretern des Halobios, welche ihr flüssiges Element mit dem trockenen Lande zu tauschen sich anschicken.

Mit Rücksicht auf die periodischen Aenderungen des Wasserspiegels müssen wir 3 bestimmte Grenzlinien im Litoralgebiet unterscheiden: Die Ebbeinie, die Fluthlinie und die Brandungsgrenze.

Die Ebbeinie bezeichnet den tiefsten Stand der Gezeiten und ist diejenige Grenze, unterhalb derer der Wasserspiegel niemals sinkt.

Die Fluthlinie markirt den höchsten Stand der Gezeiten und begrenzt mit der Ebbeinie die Schorre.

Die Brandungsgrenze ist diejenige Zone, bis zu welcher bei bewegtem Meere die Spritzwasser der Brandung reichen. Viele Thiere der Schorre überschreiten niemals die Fluthlinie, andere sind geeignet, auch über die Brandungsgrenze hinauszudringen.

Man pflegt das Gestade des Meeres nach der Neigung der Küste und nach dem geographischen Bodenrelief in mehrere Typen einzutheilen ¹⁾.

Die „Steilküste“ besteht aus Felsabstürzen, welche sich in die Tiefe des Meeres hinabsenken, ohne dass die Berührungslinie mit der Meeresoberfläche durch eine wesentliche Aenderung in der Form bezeichnet ist. Die „Strandküste mit Steilrand“ ist diejenige Küstenform, welche aus einer, von der Fluthwelle erreichten und auf einen Strand abfallenden Felswand gebildet wird. Die „Strandküste mit zurückliegendem Steilrand“ unterscheidet sich von der vorhergehenden Form dadurch, dass der höchste Meeresstand auch bei Sturmwellen, nicht bis zum Steilrand heranreicht, sondern durch eine, dem Charakter des Strandes entsprechende Zone flachen Landes von ihm getrennt bleibt. Die „Flachlandküste“ ist ein, bis zu einem gewissen Niveau vom Meere bedecktes Flachland; Lagunenküsten, Dünenküsten und umwallte Flachküsten sind besondere Modifikationen derselben.

Vom bionomischen Standpunkt müssen wir aber die Küstentypen nach anderen Charakteren gliedern. Nirgends spielt die Facies des Meeresbodens eine für die Organismenwelt so bedeutungsvolle Rolle als im Litoralgebiet, infolgedessen unterscheiden wir folgende fünf Küstentypen: Felsenstrand, Blockstrand, Kiesstrand, Sandstrand und Schlammstrand, und werden die Fauna derselben voneinander gesondert behandeln.

Der Felsenstrand besteht aus Felsen und Klippen, welche von der Brandung angegriffen und angegriffen, mit einer Anzahl von Rauigkeiten und Vorsprüngen, Höhlen und Vertiefungen bedeckt sind. So wechseln hier glatte Flächen und raue Klippen, Löcher und Spalten, ruhige Wassertümpel und exponirte Nadeln miteinander ab. An der einen Stelle brennt die Sonne mit ungeschwächter Gluth auf die Felsen, während dicht daneben in einer tiefen Spalte selbst bei Ebbe feuchte Luft und Schatten zu finden ist. Ueberall vermag die litorale Pflanzenwelt sich anzuheften, überall können festsitzende Thiere eine geeignete Unterlage finden und Bohrmuscheln sich in die Felsen

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 295.

eingraben. So ist der Felsenstrand für eine reiche Entwicklung der litoralen Flora und Fauna äusserst günstig, und je zackiger und rauer der Felsen ist, desto reicher ist die darauf wohnende Organismenwelt. Hier leben die litoralen Wirbelthiere, die Robben und Seevögel in ungezählten Schaaren, hier ist das Reich der Strandfauna niederer Thiere.

In St. Malo¹⁾, wo der Unterschied zwischen der höchsten Fluth und der tiefsten Ebbe in senkrechter Richtung etwa 12 m beträgt, hält es leicht, sich einen Ueberblick über die Litoralzonen zu verschaffen. Die äusserste Höhengrenze der Fluth wird von unzähligen *Balanus* bezeichnet, welche dicht aneinandergereiht, die Felsen bedecken. Die grössten sind 1 cm gross, gegen die obere Grenze hin werden sie kleiner. Während der ganzen Ebbe schliesst das Thier die Schale hermetisch zu und öffnet sie erst dann, wenn das Wasser darüber hinrauscht. Selbst an Stellen, die nur dreimal im Jahre während weniger Stunden von der Springfluth erreicht werden, findet man noch lebende Thiere.

In der unteren Region der *Balanus* sieht man hier und da kleine Tümpel, welche bei Ebbe mit Wasser gefüllt bleiben, dort findet man Hunderte von *Litorina* und *Auricula*, dann Actinien und Haufen von *Mytilus*, mit ihrem Byssus an die Felsen geheftet.

Etwa an der Grenze des mittleren Wasserstandes zieht sich die Zone des Tanges hin, in der sich die Thierwelt ausserordentlich vervielfältigt. Hier giebt es Polypen, *Scrtularia*, viele Schnecken wie *Turbo*, *Purpura*, *Litorina*, *Patella*. In kleinen Tümpeln zwischen dem Tang findet man Naktsschnecken, die räuberische *Eolis*, welche Aktinien frisst, *Doris*, dann auf *Ulva crispa* eine Menge von *Actacon*. Die Feinde der Schnecken sind Garnelen und Krabben. Wesentlich ärmer als Granit sind Kalk oder Kreidefelsen, denn an der Küste von Nizza sieht man keine Spur jener üppigen Tangwiesen und keine *Balanus*.

An den Sandsteinfelsen von San Pedro in Südkalifornien ist die Litoralfauna überaus reich. Das steile Ufer ist bedeckt mit *Balanus*, dazwischen sitzen *Chiton* und *Patella* in Menge fest auf dem Felsen angeheftet, und warten unbeweglich bis die Nacht hereinbricht und sie mit wiederkehrender Fluth ihre Wanderungen antreten können.

Eingeböhrt in den Felsen finden wir *Pholas*, *Lithodomus*, *Saxicava*, und oft ist der Felsen durchlöchert wie eine Bienenwabe.

Rundliche Tümpel im Ebbeniveau sitzen voll Seeigel, welche sich Löcher gebohrt haben, aus denen man sie selbst mit dem Meissel nur schwer lösen kann, so dass sie im Stande sind, selbst der heftigsten Brandung Widerstand zu leisten.

Eine Schaar behender Krabben spazirt auf dem Felsen umher und laufen bald seitwärts bald rückwärts, oder fliehen eiligst in eine Felsenspalte.

Reicher noch als die Aussenfläche der Felsen ist die Fauna der engen Ritzen, Spalten und der höhlenartigen Vertiefungen im Gestein, daher ist auch eine Küste, welche aus gefalteten Schieferen besteht, für das Thierleben überaus günstig. Die meisten Meeresthiere suchen

1) CARL VOGT, Ozean und Mittelmeer, S. 87, 251.

Walther, Einleitung in die Geologie.

den Schatten auf und vermeiden das grelle Tageslicht. Nachts kriechen sie räuberisch umher, am Tage aber verbergen sie sich in engen Spalten oder auf der Unterseite von Steinen. Bei dem Felsenstrand könnte man auch die Litoralfauna der Korallenriffe beschreiben, doch soll diese in einem späteren Abschnitt behandelt werden. Erwähnen müssen wir hier, dass an den felsigen Küsten der Polarmeere eine eigentliche Litoralfauna fehlt, denn das an der Küste treibende Eis, die sich in jedem Winter ansetzenden Packeisfelder, reiben so beständig am Ufer, dass im Gebiet der Schorre das Thierleben vollkommen fehlt oder nur durch bewegliche Thiere vertreten wird. Da aber die Eisverhältnisse durch Meeresströmungen bedeutend modifizirt werden, so richtet sich das Fehlen der Litoralfauna nicht so sehr nach den Breitengraden als nach den Isothermen des Meeres.

Obwohl die meisten Felsenküsten von einem Saume grober Blöcke umgeben sind, und also beide Typen der Strandentwicklung hier miteinander verknüpft sind, so müssen wir doch den Blockstrand von jenem trennen, denn er beherbergt eine ganz andere Fauna. Wenn die Blöcke schwer genug sind, dass sie nicht von jeder Welle bewegt werden können, so bieten sie ungemein günstige Bedingungen für eine grosse Menge von Thieren; und der Eintönigkeit der Felsenfauna gegenüber ist die unter Blöcken lebende Fauna eine überaus reiche. Zuerst werden die Blöcke von allen jenen festsitzenden oder bohrenden Thieren bewohnt, welche wir am Felsenstrand gefunden haben; aber während dort nur in engen Spalten jene Dämmerung herrscht, welche den meisten Seethieren behagt, ist hier die Unterseite jedes Blockes beschattet und bietet kleineren Thieren einen sicheren Schlupfwinkel. Indem wir die einzelnen Blöcke umwälzen, bemerken wir bald, welche Zahl von Spongien, Aktinien und Ascidien auf ihrer Unterseite angeheftet sind. Seesterne und Schlangensterne liegen am Boden, kleine Fische huschen eiligst davon, Einsiedlerkrebse spazieren mit ihrem Schneckenhaus umher, und die meisten Schnecken findet man unter grösseren Steinen. *Haliotis* und *Cypraea*, *Turbo* und *Trochus*, und wie sie alle heissen, sind mit ihrem fleischigen Fuss an solche Felsblöcke angeheftet, Bryozoenrinden bedecken sie, Würmer und kleinere Krebschen leben hier mit Vorliebe, Seeigel und Holothurien finden hier geschützte Schlupfwinkel. *Ostrea*, *Chama*, *Anomia* sitzen in dichtgedrängten Schaaren an den Blöcken, *Scrupula* überspinnt sie mit ihren kalkigen Röhren, und Algen bilden ganze Ueberzüge darauf. Nirgends wird man mit mehr Erfolg Meeresthiere sammeln können, als wenn man auf einem Korallenriff todte oder lebende Korallenstöcke und Kalkblöcke umdreht und ihre Unterseite, ihre Spalten und Höhlungen mustert.

Die losen Steine¹⁾ an der Küste der Normandie sind auf ihrer Oberfläche mit *Balanus* bedeckt, während unten, wo sie im Wasser stehen, sich eine Unzahl festsitzender Meeresthiere angesiedelt hat. Es ist unmöglich, eine reichere Farbenpracht, eine grössere Mannich-

1) C. VOGT, Ozean und Mittelmeer, S. 43.

Viele Angaben wurden auch entnommen aus:

GOSSE, The Devonshire Coast. London 1853.

GOSSE, Ternby. A Sea side Holiday. London 1856.

faltigkeit von Formen und Gestalten aller Art zu erfinden, als die Unterflächen solcher Steine darbieten. Ganz ähnlich wie der Felsenstrand ist auch der mit diesem oft verknüpfte Blockstrand mit einer reichen Tang- und Algenflora bedeckt, und alle die Existenzbedingungen, welche diese Vegetation der litoralen Thierwelt bietet, ist infolgedessen auch an den mit groben Felsblöcken bedeckten Strand geknüpft.

Die ungünstigsten Bedingungen für die Litoralfauna bietet der Kiesstrand. Hier ist das Ufer mit Geröllen bedeckt, welche so klein sind, dass sie durch jede Welle verschoben werden; und indem die runden Kiesel beständig gerollt, gerieben und durcheinandergeworfen werden, wird jede Thierlarve, jeder Algenkeimling sofort zerstört, wenn er sich hier niederlassen will. Durch diese beständig thätige Reibemaschine werden selbst die mit kalkigen Schalen versehenen Thiere, welche an den Strand getrieben wurden, rasch angefressen und so wird man zwischen den Rollsteinen kaum eine unverletzte Muschelschale zu finden erwarten können.

Um so geeigneter ist der Sandstrand für das Thierleben. Zwar bietet hier der Boden den grösseren Algen und Tangen keinen Halt, nur Algen und Seegräser, welche statt der Haftscheibe einen vielverzweigten Wurzelschopf besitzen, können sich im Sande verankern. Aber da gerade solche Formen rasenbildend auftreten, so schützen sie sich gegenseitig und bieten einer herbivoren Fauna niederer Thiere einen willkommenen Schutz gegen die Wasserbewegung.

Freilich, wenn wir an einer sandbedeckten Flachküste dahinwandern, so erscheint sie uns ziemlich leblos, und selbst in dem Litoral der Tropen finden wir mehr todte als lebende Wesen; und nur die Todtengräber des Strandes, die Einsiedlerkrebse und Krabben, gehen spähend umher und sammeln sich an jeder Thierleiche, welche der Sturm ans Land geworfen hatte. Hier sehen wir durcheinandergemengt die Muschelschalen, Schneckengehäuse, Echinodermenpanzer des Benthos mit den Resten nektonischer Fische und den Gallertscheiben planktonischer Medusen. Das planktonische *Sargassum* und entrindete Treibholzstämme liegen zwischen litoralen Seegräsern, Tangbüscheln und gebleichten Kalkalgenknollen. Kurzum, hier ist ein wahres Museum der verschiedenartigsten halobiotischen Organismen aufgehäuft.

An einer flachen, Stürmen ausgesetzten Meeresküste¹⁾ kann man längs des Ufers zwei Anhäufungen von ausgeworfenen Conchilien, Tang und Plankton beobachten. Zuerst im Durchschnittsniveau des Meeresspiegels den Strandwall. Das stete Spiel der Wellen bewegt die ausgespülten Reste von Muscheln, Schnecken, Pflanzen und Steinen rhythmisch auf und ab, rollt und schleift an allen und zerstört leicht die Verzierungen der Schale.

Landeinwärts zieht sich parallel mit dem Strandwall häufig noch ein zweiter Streifen ausgeworfener Meeresreste, welcher dem sogenannten „Winterstrand“ an unseren norddeutschen Küsten entspricht, und den wir als Sturmwall bezeichnen wollen. Dieser Sturmwall entsteht durch die gesteigerte Thätigkeit der sturmbewegten Wogen. Bei

1) J. WALTHER, Korallenriffe der Sinaihalbinsel 1888, S. 33.

Sturm werden viel mehr Thiere und Pflanzen selbst in grösserer Tiefe erfasst und an den Strand geworfen. Das erregte Meer wirft sie in ein viel höheres Niveau, und wenn sich der Sturm gelegt hat, berührt die Durchschnittswelle nie den Sturmwall wieder.

An dem westlichen Theil¹⁾ der deutschen Küsten ist die Dünenbildung gering; ein niedriger „Strandwall“ oder „Haffstock“, ausgeworfen von der Brandung, pflegt das Ufer zu begleiten. Die See hat diese Arbeit mit so grosser Regelmässigkeit gethan, dass das Volk den „Heiligen Damm“ bei Dobberan als das Werk eines Heiligen betrachtet.

Wenn wir bei beginnender Ebbe nach dem Strande des Rothen Meeres hinauswandern²⁾, können wir die Fauna des Sandstrandes in reichster Entwicklung beobachten. Nachdem wir eine thonige Ebene, bewachsen mit spärlichen Wüstenpflanzen, überschritten haben, sehen wir ein System gelber Dünen vor uns. Sie kehren ihre mit buschigen Pflanzen bedeckte Nordwestseite dem hier herrschenden Winde zu, während ihre Südostseite aus reinem lockeren Sande besteht. Im Juli sammeln sich Tausende von Seevögeln (*Sterna affinis*), um zu brüten. In dichten Schaaren sitzen sie auf ihren Eiern, und wenn sich der brütende Vogel vom Neste ängstlich erhebt, dann stürzt sich eine grössere Art von *Sterna* über das Ei, um es als Beute davonzutragen.

Auch gehen hier während des Sommers viele Schildkröten ans Land, um im weichen Ufersande ihre Eier zu vergraben. Zahlreiche Fussspuren dieser Thiere leiten bis zum Nest, das aus einer einfachen Sandgrube besteht.

Spuren von Schakalen und Hyänen zeigen sich hin und wieder, und der Sand ist bedeckt mit den Fusseindrücken der zahllosen Vögel, welche hier nisten.

Wir nähern uns dem Meere und sehen unzählige Krabben und Einsiedlerkrebse umherspazieren. Sie sind meist nächtliche Thiere, welche jeden Leichnam eines Meeresthieres, den die Wellen ans Ufer spülen, mit unglaublicher Geschwindigkeit skelettiren oder nach ihren Schlupfwinkeln schleppen, um ihn dort zu vergraben.

Medusen liegen in solchen Mengen am Strand, dass man oft mit jedem Tritt mehrere berührt.

Im Mai 1888 beobachtete ich³⁾ am Strand des Rothen Meeres grosse Mengen von *Aurelia*, welche durch einen Sturm auf das sandige Ufer geworfen worden waren. Die intensive Wüstensonne hatte rasch den von der Hochfluth bespülten Küstensaum getrocknet und die Gallertmasse der Medusen in ein dünnes durchsichtiges Häutchen verwandelt, welches die von dem jetzt vertrockneten Medusenkörper abgegossene Form in allen ihren Feinheiten überzog. Tausende kleiner Einsiedlerkrebse waren dem Meere entstiegen und verzehrten alle die Medusenreste, welche noch nicht ganz eingetrocknet waren.

Am Sturmwall sehen wir ein wahres Museum von Korallen und

1) BAENSCH, Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1875. s. SUESS, Antlitz der Erde II, S. 546.

2) Mit Benutzung von SCHWEINFURTH, Zeitschrift f. Allg. Erdkunde 1865, S. 131—384.

3) J. WALTHER, Die Denudation in der Wüste S. 182.

Spongien, *Murex*, *Fusus*, *Cypraea*, *Strombus*, *Cerithium*, *Bulla*, *Turbo*, *Patella*, *Fissurella*, dann *Ostrea*, *Anomia*, *Avicula*, *Chama*, *Mytilus*, *Tellina*, *Solen*, *Macra*, *Nucula*, *Venus*, *Tapes* u. a. Muscheln liegen in tadellosten, wenn auch gebleichten farblosen Exemplaren zu Dutzenden umher. Wir kommen über eine gelbe Sandebene, welche eben noch überfluthet war und von der das Wasser in kleinen rieselnden Rinnsalen dem Meere zuläuft. Hunderte kleiner und grosser Krabben laufen eilig umher und suchen die kleineren Thiere, welche hülflos vom Wasser verlassen werden, zu fangen. Weisse Streifen von Foraminiferen bilden schön geschwungene Bogen und bieten einen unglaublichen Formenreichtum dar.

Andere Thiere scheinen auf dem Sandstrand zu fehlen, und doch entdeckt das geübte Auge ihre Spur. Ueberall zeigen sich kleine Löcher im Sande¹⁾, aus denen bei unserer Annäherung helles Wasser hervorzusquellen scheint. Es sind die Höhlen von Kiemenwürmern, welche zu Hunderten im Sande wohnen. Ihr Darm ist so mit Sand erfüllt, dass das hintere Ende des Wurmes meist abreisst, sobald man ihn am Vorderende in die Höhe hebt.

Mitten unter den Anneliden findet man im Sand eingegraben viele Muscheln, die ihre langen Athemröhren bis an die Oberfläche des Sandes heraufstrecken. Alle Siphonaten wohnen im Schlamm oder Sande vergraben und stecken oft mehrere Fuss tief, so dass man ihre Anwesenheit nur an kleinen Löchern bemerkt, welche von den mit Fransen umgebenen Siphonen gebildet werden.

Mit einem Spaten²⁾ kann man an sandigen Ufern leicht *Solen*, *Lutraria*, *Cardium*, *Venus* aus dem tiefen Sediment herausheben. Auch *Lucina*, *Pleurotoma*, *Bulla* kann man auf diese Weise gewinnen.

Viele Echinodermen, von Seesternen bis zu den Holothuriern, leben im Sande und selbst manche Fische, wie Rochen, *Platessa*, *Pleuronectes*, *Uranoscopus* ziehen sandigen Boden vor.

Jene Fülle von Fusseindrücken festländischer und mariner Thiere, wie sie LYELL³⁾, NATHORST⁴⁾ und BORNEMANN⁵⁾ beschrieben haben, bedecken das Sandgebiet von den wasserbedeckten Gebieten unter der Ebblinie bis weit hinaus über die Brandungsgrenze.

Das Gebiet der Schorre ist meinen Erfahrungen nach für die definitive Erhaltung solcher Fussspuren sehr ungünstig. Wenn man auf einem flachen Sandstrande dahinwandert und seine Schritte innerhalb einer Zone macht, welche nur wenige Centimeter über dem Wasserspiegel liegt, so wird man oft beobachten können, dass das im Sand enthaltene Grundwasser in dem Fusseindruck empordringt und die Schärfe der Skulptur rasch verwischt. Noch ungünstiger wird es aber, wenn die herantretende Fluth über die Schorre hinwegspült. Die oszillirende Wasserbewegung gleicht binnen kurzem alle Fusseindrücke wieder aus.

1) C. VOGT, Ozean und Mittelmeer S. 38.

2) P. FISCHER, Manuel de Conchiliologie S. 304.

3) LYELL, Quat Journal Geol. Soc. 1851, S. 239.

4) NATHORST, S. V. Acad. Handl. 18, Nr. 7, 19, Nr. 1.

5) BORNEMANN, Buntsandstein in Deutschland. Jena 1889, S. 23.

Besser erhalten sich die Spuren unterhalb der Ebbelinie, sofern nicht durch die Wellenbewegung der Boden in Mitleidenschaft gezogen wird. Wenn man bei glatter kaum bewegter See vom Boot aus die Rippelmarken betrachtet, welche senkrecht zur Wellenbewegung den Meeresboden bedecken, so wird man leicht beobachten, dass jede, selbst eine kleine Welle, die Sandkörner auf dem Kämme der Rippelmarken aufwirbelt. Verändert sich aber die Richtung der Wellen gegen das Ufer, so verändert sich auch sogleich die gerippte Skulptur des Grundes, indem sich alle Rippelmarken nach der Richtung der Wellen verschieben. Es können also Reliefserscheinungen am Meeresgrunde, selbst wenn sie mit aller Schärfe ausgeprägt worden sind, nur in absolut ruhigen Wasserbecken erhalten bleiben, und derartige Bedingungen wird man selbst in tiefen Meeresbuchten selten finden. Wesentlich günstiger für die Erhaltung von Spuren im Sand sind die oberhalb der Fluthlinie gelegenen Gestadezonen, wie Solches im dritten Theil geschildert werden wird.

Der Schlammstrand ist selten, denn durch die beständige Wasserbewegung des Meeresspiegels wird das Sediment im Schorrengebiet unaufhörlich geschlämmt. Die trübenden Schlammtheilen werden durch das Meer entführt und kommen erst in grösseren Tiefen zum Absatz, während der gröbere Sand allein zurückbleibt. So finden wir Schlammstrand nur im Delta grosser Flüsse, in der Mangrove, in geschützten Buchten, im Schutze vorliegender Dünenketten und Sandbänke, in den Atollen von Korallenriffen und ähnlichen Lokalitäten.

Die niedrigen Inseln des Gangesdelta zeigen einen feinen grauen Schlammstrand; das trübe Wasser verändert mit den suspendirten Schlammtheilen beständig die Configuration des Strandes, indem es hier abwäscht, was es an einer anderen Stelle wieder absetzt. Neben vielen Würmern und einigen Schnecken, sieht man unzählige *Periophthalmus* in munteren Sprüngen über den Schlamm hüpfen. Ihre Spur besteht aus einer langgezogenen Rinne, beiderseits deren die Kerben der Flosseneindrücke zu sehen sind. Auf den gut geschichteten Schlammhängen, welche das Ufer bilden, bemerkt man viele Landschnecken und vereinzelte Scheeren und Rückenschilder von Krabben. Im Gebiet der Schorre ist der Schlamm so weich, dass man fusstief einsinkt. Krabben mit rothgestreiften Scheerenfüssen wandern zwischen den hüpfenden Fischen umher und schlüpfen behende in ihre Wohnlöcher, die oberhalb der Fluthlinie im Trockenem liegen. Hier ist durch die intensive Sonnenhitze der Schlamm polygonal gerissen.

Das Leben auf dem Schlammstrand der Mangrove haben wir S. 91 geschildert.

In der stillen Bucht von Rothesay (Schottland) wird die Schorre aus einem sandigen Schlamm gebildet, welcher unzähligen Würmern zum Wohnsitz dient. Wenn man bei Ebbe über die schwach geneigte Fläche wandert, so sieht man auf derselben Tausende von geringelten Schlammwürsten. Es sind die aus dem Darmkanal heraustretenden Sedimentmassen, aus welchen die im Schlamm vergrabenen Würmer die Nahrungsbestandtheile entnehmen. Wenn man die ungeheure Zahl dieser Würmer berücksichtigt, so ist die Annahme unabweisbar, dass das gesammte Sediment dieser Bucht beständig auf der Wanderung

durch den Darmkanal dieser Würmer begriffen ist, ähnlich wie es DARWIN für die Ackerkrume und die Regenwürmer gezeigt hat.

Zur Zeit der Ebbe spazieren auf den zwischen den Korallenriffen des Rothen Meeres befindlichen Schlammflächen zahlreiche Pelikane, Löffelreiher, Möven, Seeschwalben, Flamingos umher, und jagen nach den Naktschnecken, Würmern, Muscheln, welche in dem weichen Sediment leben.

So ist das Gebiet des Litorals bei Ebbe vom Festland aus ebenso besiedelt wie bei Fluth vom Meere aus, und infolgedessen ist die Mannichfaltigkeit organischer Erscheinungen hier eine überaus grosse.

12. Die Flora der Flachsee.

Wir haben gesehen, dass das Litoral von Landpflanzen, welche sich an das Meer angepasst haben, und von Meerespflanzen, welche auf der Wanderung nach dem Festland begriffen sind, bewohnt wird.

Die benthonischen Pflanzen, die wir als eigentliche Kinder des Meeres betrachten müssen, gehören zu den Bakterien, den niederen und höheren Algen. Dagegen fehlen die höheren Pilze, die Flechten, Moose und Gefässkryptogamen dem Meere vollständig.

Die Wasserpflanzen¹⁾ transpiriren nicht, sie bedürfen daher weder leitender Holzbündel noch Spaltöffnungen. Dagegen ist das Gewebe der meisten Wasserpflanzen ungemein zähe und elastisch. Dass sie sich im Wasser aufrechterhalten, hängt davon ab, dass ein Theil ihrer Gewebe von Lufträumen durchzogen ist, wodurch ihr Gewicht im Vergleich zu dem des Wassers sehr verringert wird. Ausgerissene Wasserpflanzen steigen daher sofort schwimmend zur Oberfläche empor. Infolgedessen können wohl die Reste von Landpflanzen am Meeresboden zur Ablagerung kommen, dagegen sinken abgerissene Meerespflanzen nicht unter. Das Phänomen der *Sargassum*-Meere hängt auf das Engste mit der Anwesenheit solcher hydrostatischer Organe im Gewebe der Meeresalgen zusammen. Im ganzen Gebiet der *Sargassum*-wiesen des Atlantik ist der Meeresboden mit Bimssteinschlamm bedeckt, zwischen dem man vergeblich nach Pflanzenresten sucht.

Bei den Dredgungen²⁾ der „Blake“ im Golf von Mexiko, in Westindien und im Karibischen Meere war dagegen die ungeheuere Menge von vegetabilischen Substanzen am Meeresboden in Tiefen über 2750 m bemerkenswerth. Aber in keinem Dredgezug an der atlantischen Seite des Isthmus von Panama kamen solche Massen festländischer Pflanzen mit herauf, wie sie auf der Expedition des „Albatross“ 1891 auf der pazifischen Seite gefunden wurden. Hier wurde kaum ein Netz heraufgebracht, welches nicht eine Menge von wassergetränktem Holz und mehr oder weniger frische Zweige, Blätter, Samen und Früchte in allen Stadien der Zersetzung enthielt.

1) KERNER, Pflanzenleben Bd. I.

2) AGASSIZ, Bull. Mus. Harvard College XXII, 1, S. 12.

Dass die überall vorhandenen Bakterien dem Meere nicht fremd seien, hatte man schon lange vermuthet, aber erst in neuerer Zeit sind eingehendere Untersuchungen darüber angestellt worden.

SANFELICE¹⁾ beobachtete, dass das Meerwasser des Golfes von Neapel in der Nähe der Küste viele sich lebhaft vermehrende Bakterien enthält, dass aber ihre Zahl schon in 3 km Abstand von der Küste sehr gering wird.

DE GIAXA²⁾ fand 22 Arten von Mikroorganismen im Meere bei Neapel, von denen er 6 Arten sehr konstant überall wieder erkannte.

BEYERINK³⁾ wies nach, dass das diffuse Meeresleuchten durch Bakterien erzeugt wird, welche als

Photobacterium luminosum aus der Nordsee,

Photobacterium Fischeri aus der Ostsee,

Photobacterium indicum aus dem westindischen Meere beschrieben werden, und KATZ⁴⁾ fand 6 verschiedene leuchtende Bakterien im Seewasser bei Sydney, welche er auf todtten Fischen, Cephalopoden und Krabben leicht kultiviren konnte. Sie bedurften des Kochsalzes und des Sauerstoffes, um zu leuchten.

Dass selbst ein hoher Salzgehalt gewissen Bakterien keineswegs schadet, ging daraus hervor, dass LORTET⁵⁾ pathogene Bakterien im Schlamm des Todten Meeres (25 % Salzgehalt) und russische Forscher⁶⁾ viele Bakterien im Limanschlamm der Lagunen bei Odessa, deren Salzgehalt 5—7 % beträgt, nachweisen konnten.

Erst RUSSELL⁷⁾ stellte umfassendere Untersuchungen über die Bakterien des Golfes von Neapel an, und kam zu dem wichtigen Resultat, dass das Meerwasser bis in 1100 m Tiefe und selbst bei einer Entfernung von 15 km vom Land, noch reich an Spaltpilzen ist. Folgende Tabelle giebt die horizontale und vertikale Verbreitung wieder:

Seetiefe m	Entfernung vom Land km	Zahl der Bak- terien in 1 cem Oberflächen- wasser	Zahl der in verschiedenen Tiefen gefundenen Bakterien							
			75 m	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	500 m	800 m
75	4	64	57	—	—	—	—	—	—	—
100	6	22	3	5	—	—	—	—	—	—
150	9	8	—	—	10	—	—	—	—	—
200	11	26	—	260	—	112	—	—	—	—
250	10	15	—	—	—	—	10	—	—	—
300	11	78	—	20	—	—	—	5	—	—
500	15	6	—	—	—	—	53	—	23	—
800	6	30	—	—	—	—	—	—	—	3

1) Centralblatt für Bakterienkunde 1890, S. 27.

2) Zeitschrift für Hygiene 1889, S. 196.

3) Centralblatt für Bakterienkunde 1890, S. 338.

4) das. 1891, S. 157—343.

5) das. S. 567.

6) das. S. 195.

7) Zeitschrift für Hygiene 1892, S. 165—207.

Unendlich viel reicher war der Bakteriengehalt des Meeres-schlammes. Folgende Tabelle giebt die Zahl der Bakterien in 1 ccm Bodenwasser und in 1 ccm Schlamm aus verschiedenen Tiefen wieder:

Tiefe in Metern	im Wasser	im Schlamm
50 m	121	245 000
85 m	57	285 000
100 m	10	200 000
140 m	10	70 000
200 m	59	70 800
250 m	31	27 000
300 m	5	24 000
400 m	30	22 000
500 m	22	12 500
825 m	31	20 000
1100 m	—	24 000

Man erkennt hieraus, dass der Gehalt des Bodenwassers ein schwankender ist, während der Schlamm mit zunehmender Tiefe bakterienärmer wird, aber selbst bei 1100 m noch absolut sehr bakterienreich ist. Zugleich sieht man, dass von 250 m ab keine wesentliche Veränderung mehr eintritt.

Von den 7 durch RUSSELL näher untersuchten Formen waren 4 Arten vom Strand bis zu 1100 m Tiefe überall zu finden.

Beobachtungen auf der Secca di Benda Palummo zeigten, dass der Bakteriengehalt des Meerwassers nicht vom Lande her stammt. Im klebrigen Schlamm scheinen die Bakterien besser zu wachsen als in kiesigem Sande. Das Temperaturoptimum scheint viel niedriger zu liegen als das von Süßwasserbakterien, denn mehrere entwickelten sich bei 37° C. nicht mehr. Nur sehr wenige Formen waren anaerob, während die Mehrzahl solchen Arten angehörten, welche bedeutende Schwankungen des Sauerstoffgehaltes ertragen können.

Im Allgemeinen scheint die Entwicklung der Seewasserbakterien nicht an eine bestimmte Tiefenzone gebunden zu sein. Immer ist der Bakteriengehalt des Schlammes sehr viel grösser an lebhaft vegetirenden Formen.

Unendlich formenreich ist die Algenflora des Meeres. Man pflegt die Algen nach dem Vorherrschen gewisser Farbstoffe in Grünalgen, Braunalgen oder Tange, und Rothalgen oder Florideen, einzutheilen; die meisten Grünalgen, alle Tange und fast alle Florideen bewohnen das Meer.

Nach ihrer Lebensweise müssen wir benthonische und planktonische Formen unterscheiden, da aber die letzteren typische Bewohner des offenen Meeres sind, werden wir sie in einem späteren Abschnitt zu behandeln haben.

Auf Steinen wachsend, finden wir im Meere¹⁾ die fadenförmigen Zellenreihen der *Mastigonema* (*Rivulariaceae*), welche neben dem Chlorophyll einen blauen Farbstoff enthalten. Diatomeen, deren Chlorophyll durch einen gelben Farbstoff verdeckt ist, bilden Ueberzüge auf Meeresalgen und leben in grosser Zahl auf Austernbänken und anderen Gebieten der Flachsee. *Rhipidophora*, *Podosphenia*, *Licmophora*.

1) LEUNIS-FRANK, Synopsis der Pflanzenkunde 1877, III.

sitzen festgewachsen auf Algen und Steinen, *Pleurosigma* lebt frei und kommt sowohl im Meere wie im Brack- und Süßwasser vor, *Navicula*, *Pinnularia*, *Homocladia*, *Synedra*, *Achnanthes* und andere Gattungen sind in den Küstengewässern der Flachsee häufig. In den durchlichteten Gebieten¹⁾ der oberen Wasserschichten entwickeln und vermehren sich die Diatomeen ausgezeichnet, an schattigen Stellen werden sie seltener und in der Dunkelheit vermögen sie nicht zu leben.

Von den eigentlichen Grünalgen sind folgende benthonische Typen im Meere vertreten:

Die Mehrzahl der Vaucherien, wie *Acetabularia*, *Caulerpa*, *Valonia*, *Bryopsis*; alle Codien, wie *Udotea*, *Anadyomene*, *Codium*, *Halimeda*. Die letzte Gattung ist stark mit Kalk inkrustirt und ist auf den Korallenriffen des Rothen Meeres ziemlich verbreitet, so dass sie dort als Kalkbildner in Anspruch genommen zu werden verdient.

Ungeheure Massen²⁾ von *Udotea* und *Halimeda*, zwei kalkabscheidenden Algen, wachsen auf den seichten Stellen der Floridarriffe, wo sie abgestorbene Korallenäste bedecken. *Halimeda opuntia*³⁾ und *H. tridens* findet man kalkbildend am Strande von St. Thomas.

Die Masse von *Halimeda*⁴⁾ besteht aus 90,16 % Kalk, 5,5 % kohlen-saurer Magnesia, 0,5 % Gyps und Kieselsäure und 3,8 % organischer Substanz.

Auch auf den Korallenriffen des Rothen Meeres und der Palkstrasse findet man *Halimeda* als wichtigen Kalkbildner im seichten Wasser und ausgeworfen am Strande.

Die Ulvaceen, besonders *Enteromorpha* und *Ulva*, endlich von Confervaceen die Gattungen *Cladophora*, *Rhizoclonium* und *Chaetomorpha* sind verbreitete Geschlechter. Während aber die besprochenen Familien der Grünalgen meist auch Vertreter im Süßwasser besitzen, sind die braunen Algen nur im Meere zu finden.

Man kennt bei den Braunalgen oder Tangen gegen 70 Gattungen und 400 Arten, welche in allen Meeren verbreitet sind, und in den seichten Gewässern nahe an der Küste auf felsigem Grunde ausgedehnte Rasen und Wälder bilden. *Fucus* bildet auf der nördlichen Hemisphäre an allen felsigen Ufern eine dichtbewachsene Zone, und im Kattegat bezeichnet man den obersten zusammenhängenden Saum⁵⁾ dieser Pflanzen als Tangrand. Derselbe fällt sehr genau mit dem Mittelwasserstande oder demjenigen Stande des Meeres zusammen, den die Küstenbewohner „Normalwasser“ nennen. Er scheint nie mehr als 9—10 cm unter jenem Mittelwasser zu liegen, welches an den Leuchttürmen durch lange Beobachtung ermittelt wurde.

Bei Ebbe sind die Felsen Helgolands von einem 2 m hohen grünbraunen Bande gesäumt, welches fast nur aus *Fucus vesiculosus* besteht, zwischen deren schleimigen Blättern eine besondere Fauna zahlreich lebt.

Abgerissene *Fucus* schwimmen wegen der lufthaltigen Blasen, und werden in Menge ans Ufer geworfen, wo sie an sandigen Küsten lange

1) CASTRACANE, Chall. Rep. Botanic II, S. 12.

2) AGASSIZ, Blake I, S. 82.

3) CHALLENGER, Narrative I, S. 127.

4) PAYEN, Gazette IV, S. 12.

5) HOLMSTROEM, nach SUESS, Antlitz der Erde II, S. 511.

braunrothe Säume bilden, welche dem Sande beigemengt, Veranlassung zu einer bituminösen Verfärbung des Sandes geben. *Sargassum* wächst ebenso häufig an den Küsten Mittelamerikas und wird von Meeresströmungen weit von der Küste hinausgetrieben.

Laminaria ist ebenfalls ein Bewohner der kälteren Meere auf der nördlichen Halbkugel. Die lederartigen Blätter, welche 5 m lang werden können, bilden dichte untermeerische Wälder in geringer Wassertiefe. Mit ihrem drehunden Stiel, der sich nach unten in ein Wurzelgewirr auflöst, klammern sie sich so fest auf Felsen und Steinen an, dass man sie von ihrer Unterlage nur schwer abreißen kann. Ihre Bedeutung für die Abrasion haben wir an einer anderen Stelle zu schildern.

Auf der südlichen Halbkugel werden sie durch *Macrocystis* vertreten, deren Blätter auf einem bis zu 200 m langen Stiele vertheilt sind. Sie sind die Riesen aller Meeresgeschöpfe, leben vom Strande abwärts bis zu 84 m; der Stiel steigt von der Anheftestelle erst senkrecht empor, um dann in horizontaler Richtung zu liegen und mit seinen langen schwertförmigen Blättern einen schwimmenden Wald zu bilden.

Diese gigantische Alge¹⁾ beherbergt eine Menge mariner Thiere, wie zusammengesetzte Ascidien, Patellen, Trochus, Nakt Schnecken, Cephalopoden und festsitzende Muscheln.

Von den Rothalgen oder Florideen sind nur 5 Gattungen Bewohner des Süsswassers, während 145 Gattungen mit etwa 1000 Arten im Meere leben und durch ihre Formen und Farbenpracht jedes Auge entzücken.

Von ihnen sind am interessantesten die Gattungen *Corallina*, *Iania*, *Melobesia*, *Lithothamnium* und *Lithophyllum*, weil sie in ihrem Gewebe kohlensauren Kalk abscheiden, der den rothen Algen ein steinartiges Gefüge giebt und in der lebenden Pflanze bis 85 % betragen kann. Diese sogenannten: Nulliporen oder Kalkalgen finden sich gesteinsbildend von Novaja Semlja bis zum Aequator in allen Meeren.

*Lithothamnium fasciatum*²⁾ wächst im nördlichen Eismeer überall in grossen Mengen, bei Norwegen 70 m tief, an der russisch-lappländischen Küste 10—55 m, auf Spitzbergen 18—36 m, auf Novaja Semlja 45 m tief. *Lithothamnium polymorphum*³⁾ und *Corallina officinalis* gedeihen bei Cod Ledges an der amerikanischen Ostküste in 22 m.

Im Karaischen Meere⁴⁾ findet man Nulliporenlager bis in Tiefen von 284 m.

Im Golf von Neapel⁵⁾ sind Algenlager von *Lithothamnium*, *Corallina* und *Lithophyllum* in 30—65 m Tiefe. Bei Porto Praya fand STUDER⁶⁾ Kalkalgen 19—56 m tief, und auf den Korallenriffen spielen Kalkalgen eine ganz hervorragende Rolle. Grosse Flächen der Riffe werden ausschliesslich von Nulliporen bedeckt, an anderen Orten überrinden Kalkalgen die absterbenden Korallenäste.

Nach DARWIN findet man am Rande des Rifves von Keeling Atoll

1) FISCHER, Conchiliologie, S. 171.

2) GOBI, Mém. Acad. St. Petersburg 1879, S. 22.

3) AMERIC. Journal 1874, S. 42.

4) AGASSIZ, Blake I, S. 141.

5) J. WALTHER, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1885, S. 229 f.

6) Annalen der Hydrographie II, S. 262.

drei Arten von *Nullipora*. Die eine wächst in dünnen purpurnen Schichten wie eine Flechte an alten Bäumen; die zweite in steinig-purpurnen Knollen und die dritte, in schön pfirsichblüthener Färbung, besteht aus einem moosartigen Netzwerk dünner Zweige.

Die Vertheilung der Algen im Meere ist von einer Anzahl bionomischer Faktoren abhängig, welche die Zusammensetzung der lokalen Flora und die Verbreitung dieser Florengebiete beherrschen.

Der Meeresboden¹⁾ ist keineswegs überall mit Pflanzen bewachsen und die Ausdehnung vegetationsloser Wüsten ist am Meeresgrunde viel grösser als auf dem Festlande.

Der Boden²⁾ der Ostsee trägt zu ungefähr $\frac{1}{3}$ seiner Fläche Pflanzenwuchs, während $\frac{2}{3}$ pflanzenleer sind. Die bewachsenen Flächen zeigen sehr unregelmässige Umrisse, und finden sich vom Strande bis in 35 m Tiefe. Pflanzen wachsen hier nur auf grobem Geröll, Kies oder Sand, während auf schlammigem Boden nur in ruhigen Buchten Seegras zu gedeihen vermag. Algen verlangen stets einen unverschiebbaren Untergrund.

Da nun in allen Meerestiefen lokal ein aus unverschiebbaren groben Fragmenten zusammengesetztes Sediment vorkommt, so wäre von dieser Seite dem Vordringen der Pflanzen gegen die Abgründe der Tiefsee keine Grenze gesetzt, wenn nicht das Pflanzenleben an die Lichtstrahlen gebunden wäre. Und so bezeichnet die untere Grenze des Eindringens der wenig brechbaren Strahlen auch die Assimilationsgrenze des benthonischen Pflanzenlebens im Meere.

Was nun die Tiefenvertheilung der Meeresalgen anlangt, so unterschied FORBES³⁾ 3 verschiedene Zonen. Zu oberst die litorale Zone direkt an der Küste, darauf die Laminarienzonen, und endlich die noch tiefere Corallinenzone. Da FORBES unter 180 m keine lebende Pflanze fand und er die Existenz einer Fauna an die lokale Verbreitung des Pflanzenwuchses geknüpft hielt, so nahm er an, dass unter 550 m auch kein thierisches Leben im Meere existiren könne.

Bei seinen Studien im Quarnerischen Golf erkannte LORENZ⁴⁾ 6 verschiedene Tiefenzonen der Algenflora:

Die Supralitoralregion bezeichnet den Stand der höchsten Fluth und wird bewohnt von 3 Algenarten.

Die auftauchende Litoralregion ist im Aegäischen Meer etwa $\frac{1}{2}$ m breit und umfasst das Gebiet der Schorre; hier wachsen 44 Algenarten.

Die untergetauchte Litoralregion reicht vom Ebbespiegel bis zu einer Tiefe von 4 m und ist die pflanzenreichste Zone mit 218 Arten.

Die Region der Seichtgründe von 4—27 m enthält 78 Algenarten.

Die fünfte Region erstreckt sich von 27—55 m und wird nur von 43 Algen bewohnt, während in der sechsten Region unter 55 m nur noch 4 Arten beobachtet wurden.

1) MEYER & MOEBIUS, Fauna der Kieler Bucht S. 14.

2) J. REINKE, Deutsche Rundschau 1890 Oktober, S. 73.

3) FORBES, Ann. Mag. Nat. Hist. 1844, Vol XIII, S. 310.

4) LORENZ, Physik. Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien 1868.

Diese Regionen unterscheiden sich nach LORENZ durch das mit der Tiefe sich ändernde Schichtenklima und die Temperaturschwankungen. Für die ersten Regionen ist ausserdem die Höhe und Dauer der Emersion maassgebend.

Die adriatischen Algen hat HAUGK¹⁾ auf vier Regionen vertheilt. Er unterscheidet zunächst eine algenarme Uferzone, deren Arten kümmerlich von zerstiendem Meerwasser leben, nämlich die Florideen: *Catenella*, *Hildebrandtia*, *Dermocarpa*, *Bangia* und *Pleurocapsa*.

Die zweite Zone ist die obere Litoralregion, entsprechend der Ebbe und Fluthgrenze. Hier gedeiht das ganze Jahr *Fucus*, während *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Ulva*, *Calothrix*, *Rivularia*, *Vaucheria* u. A. sich in 90 Arten nur in der kühleren feuchten Jahreszeit entwickeln.

Die dritte Zone ist die untere Litoralregion bis 5 m Tiefe, das eigentliche Reich der Algen mit 256 Arten.

Die vierte Zone ist die Tiefenregion von 5—40 m, bewohnt von 57 Florideen, 15 Tangen und 10 Grünalgenarten. In ihr kommen langlebige Formen vor, deren Entwicklung nicht an die Jahreszeiten geknüpft ist, daneben einige Algen, welche sonst nur in kälteren Meeren bekannt sind.

BERTHOLD, welcher die Algenflora des Golfes von Neapel längere Zeit hindurch genauer untersuchte, konnte solche Tiefenzonen dort nicht erkennen. Er fand²⁾, dass folgende Faktoren den Charakter und die Vertheilung der Meeresflora bestimmen: 1) Die Verhältnisse von Ebbe und Fluth und die damit zusammenhängende Emersion litoral Gebiete. 2) Die Bewegung des Wassers. 3) Die Beleuchtungsverhältnisse. 4) Die Temperatur. 5) Die chemische Zusammensetzung des Wassers. 6) Der mit der Tiefe zunehmende Wasserdruck. 7) Die Beschaffenheit des Meeresbettes. Ausserdem sind für die Abgrenzung grösserer Provinzen maassgebend 8) das Meeresklima, 9) der allgemeine Gang der Gezeiten und 10) der Salzgehalt des Wassers.

Als maassgebenden Faktor aber erkannte BERTHOLD die Durchlichtung des Wassers. Wo dauernde Trübung des Wassers das Eindringen des Lichtes erschwerte, da steigen die Schattenformen der grösseren Tiefen bis zu 7 m herauf. *Palmophyllum*, *Crurioipsis*, *Lithophyllum* und *Lithothamnium* sind so lichtscheu, dass sie sich selbst in 60 m Tiefe im Sommer, wenn die Lichtstrahlen tiefer eindringen, an beschattete Stellen zurückziehen. Der kohlen saure Kalk wird in dem Gewebe dieser Pflanzen wahrscheinlich nur als Schutz gegen übermässige Belichtung ausgeschieden, denn die Menge des abgelagerten Kalkes wächst mit der Lichtmenge und verringert sich mit abnehmender Beleuchtung bei derselben Art, während zugleich im umgekehrten Verhältniss der rothe Farbstoff auftritt.

Einen glänzenden Beweis für die Abhängigkeit der Vertheilung der Algenflora vom Licht, fand FALKENBERG³⁾ in der Grotta del Tuono am Posilipo bei Neapel. Dieselbe dringt von NW. nach SO. in den Tuffelsen hinein und ist für direktes Sonnenlicht vollkommen abge-

1) VOGES, Pflanzenleben des Meeres 1886, S. 44.

2) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station zu Neapel 1883, III, S. 403.

3) FALKENBERG, Mitth. Zool. Station zu Neapel I, 1879, S. 220.

geschlossen; das Wasser steht den grössten Theil des Tages nur 25—30 cm tief, dennoch findet man beim Eindringen in die dunkle Grotte Algen, welche sonst nur in tieferen Wasserschichten gefunden werden. In dem vorderen, vom Tageslicht erhellten, Theile lebt die normale Vegetation des Strandes; weiter hinten trifft man *Delleseria*, *Hypoglossum*, *Bornetium secundiflora*, *Halopteris filicina* und *Rytidophloea tinctoria*, welche sonst stets tiefer als 3 m gefunden werden. In dem dunklen Innern der Grotte findet man aber: *Phyllophora Heredia*, *Ph. nervosa*, *Peyssonnelia rubra*, *Spondylothamnium multifidum*, *Bonmaisonia asparagoides* und *Palmophyllum flabellatum*, welche sonst als charakteristische Pflanzen einer Tiefe von 50—60 m bekannt sind.

13. Die Fauna der Flachsee.

Die Vertheilung der festländischen Thiere und Pflanzen lässt leicht eine Gliederung nach der geographischen Breite, und mit zunehmender Höhe an den Gehängen hoher Gebirge auch nach den Isohypsen erkennen. Am Etna wie am Pik von Teneriffa kann man übereinanderliegende Vegetationsgürtel verfolgen und beobachten, dass auch die festländische Thierwelt in ihrer Verbreitung eine gewisse Abhängigkeit von der Höhe erkennen lässt.

Auf Grund eines leicht erklärlichen Analogieschlusses hat man früher geglaubt, auch die Meerestiefen nach ähnlichen Prinzipien zur Grundlage einer marinen Thiergeographie machen zu können, und die Erscheinungen im flachen Wasser nahe der Küste sprachen für die Berechtigung eines solchen Unternehmens.

Es lässt sich nicht leugnen, und wir werden es in dem vorliegenden Abschnitt mit vielen Beispielen belegen können, dass die Organismenwelt des Meeres, vom Litoral aus nach der Tiefe zu, in gewisse übereinanderliegende Zonen eingetheilt werden kann.

Die Gründe hierfür liegen erstens in dem Wechsel der Facies. Während am Strande durch die beständige Wasserbewegung das Sediment geschlämmt, von allem trübenden Schlamm gereinigt und als reiner Sand abgesetzt wird, findet sich schon in einigen Metern Tiefe ein wesentlich sandärmeres Sediment. Infolgedessen wechselt in relativ kurzen Abständen hier die Flora und Fauna des Meeres. Aber wenn einmal erst in einigen Metern Tiefe die Facies schlammig geworden ist, dann bleibt sie so bis in grosse Tiefen, sofern nicht andere geologische Ursachen eine Veränderung der Facies herbeiführen.

Auch das eindringende Tageslicht erleidet in den oberen Wasserschichten qualitative Veränderungen. Eine Spektralfarbe nach der anderen verschwindet, bis nur noch blaugrüne schwache Lichtstrahlen das Wasser matt erleuchten. Ist aber einmal in 200 m Tiefe das rothe und violette Ende des Spektrums verschwunden, dann ändert sich die Qualität des noch tiefer dringenden Lichtes nicht mehr. Die qualitativ verschiedene Belichtung der oberen Wasserschichten bedingt eine nach Zonen gegliederte Flora, und demgemäss auch eine zonare Anordnung der herbivoren Fauna. Aber diese Zonen lassen sich nur bis 200 m verfolgen, alle grösseren Tiefen zeigen nur noch quantitative Lichtunterschiede.

Auch die Temperatur des Seewassers ändert sich in den obersten Wasserschichten sehr rasch. Von der Oberfläche nimmt die Temperatur mit je 18 m um 1° C. ab. Hier liegen dünne Schichten verschiedener Wassertemperatur in kurzen Abständen untereinander. Mit zunehmender Tiefe werden die Abstände rasch 200—500 m gross, dann folgt eine fast unveränderliche Temperatur. Wir erkennen also auch in der Wassertemperatur eine, die Vertheilung der Organismen nach Tiefenzonen regelnde, bionomische Ursache. Aber auch sie hat nur in den obersten 360 Metern eine Bedeutung. Die Temperatur schichtet die benthonische Fauna geringer Wassertiefen, dann hört ihr ordnender Einfluss mehr und mehr auf.

Die für die Vertheilung des Halobios wichtigen Faktoren der Wasserbewegung und Facies, des Lichtes und der Temperatur gliedern also die Region der Flachsee in einzelne bathymetrische Zonen, aber für grössere Tiefen wird ihre Bedeutung immer geringer.

Wir müssen sogar noch hinzufügen, dass eine Zonengliederung des Meeresbodens an günstigen Lokalitäten zwar sehr gut durchzuführen ist; man kann sogar die einzelnen Faunengürtel durch bestimmte leitende Formen leicht voneinander unterscheiden. Aber erstens nehmen diese Zonen mit zunehmender Tiefe nach geometrischer Progression an Grösse zu, so dass die aufeinanderfolgenden Zonenabstände 1, 5, 20, 100 m betragen. Zweitens werden ihre Unterschiede undeutlich, sobald man das lokale Beobachtungsgebiet mit benachbarten Küsten vergleicht.

So lange man annahm, dass die Tiefe des Meeres und der Druck des Wassers für die Vertheilung der niederen Meeresthiere eine ähnliche Bedeutung besitze, wie der verminderte Luftdruck auf hohen Gebirgen für die lungenathmenden Wirbelthiere und den Menschen, hat man wohl geglaubt durch bestimmte Isobathen bestimmte Lebensbezirke abgrenzen zu können. Allein die absolute Wassertiefe ist für die niederen Meeresthiere ein bionomisch nebensächliches Moment: Licht, Temperatur und Facies sind die bestimmenden Faktoren. Wir werden also bei den folgenden Betrachtungen immer diesen Gedanken im Auge behalten müssen und die Wassertiefe nur für die Formel einer Kombination verschiedener Existenzbedingungen ansehen.

AUDOUIN und MILNE EDWARDS¹⁾ theilen die Fauna der nordfranzösischen Küstenmeere in folgende Regionen:

- I. Region, trocken bei gewöhnlicher Ebbe, am Felsen *Balanus*, auf Sandgrund keine Seethiere.
- II. Region der Tange. Auf Felsen *Turbo*, *Patella*, *Purpura*, *Nassa*, rothe Aktinien; auf feinem Sand *Orchestia*, *Terebella*, *Arenicola*; im Schlamm ausser letzterer *Nephtis* und *Sipunculus*.
- III. Region der Korallinen, nur bei starker Ebbe trocken. An Felsen *Mytilus* und *Patella*; an minder geschützten Stellen grüne Aktinien und zusammengesetzte Ascidien; unter losen Blöcken *Haliotis*, *Chiton*, *Doris*, *Pleurobranchus*, Ascidien, *Polynoe*, *Serpula*, *Planaria*, und wenn diese Blöcke grössere Höhlen bilden, etwas tiefer: *Spongia*, *Tethya*, *Lobularia*

1) Nach BRONN, Handbuch einer Geschichte der Natur II, 3, S. 257.

Ascidia. Zwischen *Zostera marina* findet man *Cerithium*, *Rissoa*. Wo der Sand nicht zu viel Schlamm enthält, leben einige Zoll unter dessen Oberfläche: *Cardium*, *Venus*, *Solen*, *Terebella*.

IV. Region der Laminarien nur bei der stärksten Ebbe trocken mit *Patella pellucida*, auch *Macra*, *Venus*, *Tellina*, *Psammobia*, *Donax*, *Solen*, *Actinia*, Seesterne. Im feinen Sande *Calianassa*, *Axia*, *Thia*, *Bullaea*, *Pandora*, *Ammodytes*. Im bläulichen Thon zwischen Sand *Pholas dactylus* und *Pholas candidus*.

V. Region immer unter Wasser, belebt von: *Ostrea*, *Pecten*, *Anomia*, *Calyptrea*, *Arca*, *Macra solida*, *Aphrodite*, *Serpula*, *Phyllodoce*, *Polynoe*, *Portunus*, *Maja*, *Inachus*, *Pisa*, *Pirimela*, *Pilumnus*, *Asterias*.

Für die Wirbellosen der Norwegischen Meere hat SARS in folgenden Buchten folgende Regionen unterschieden:

I. Region der Balanen, zu oberst nahe der Fluthgrenze bildet *Balanus* einen breiten horizontalen Streifen, darunter *Purpura lapillus*.

II. Region der Patellen. Nahe unter den vorigen wachsen ganze Wälder von *Fucus*, darauf leben *Litorina litorca*, *Nerita*, *Spirorbis*, *Coryne squamata*. Auf den den Wogen mehr ausgesetzten Klippen sitzt: *Mytilus edulis* und *Purpura lapillus* in grosser Menge, aber besonders charakteristisch sind daselbst *Patella vulgaris*, *P. testudinaria* und zwischen Steinen *Actinia rubra*.

III. Region der Korallinen durch *Corallina officinalis* charakterisirt, zu der sich *Modiola*, *Actinia coriacea*, *Lucernaria*, *Ascidia*, *Spongia*, *Alcyonium* gesellen. Sandgrund (welcher in den vorigen Regionen fast gar keine Seethiere darbot) birgt *Arenicola*, *Nephtys*, *Terebella*, *Cirratulus*, *Aricia*, *Mya*, *Solen*. In stillen Buchten, wo der Sand mit Dünen gemischt ist, wächst *Zostera* wiesenähnlich bis in beträchtliche Tiefe. Darauf leben: *Ascidia intestinalis*, *Actinia*, *Eolidia*.

IV. Region der Laminarien. Die stärkste Ebbe entblösst nur den oberen Theil dieser Region. Hier giebt es *Doris*, *Polycera*, *Tritonia*, *Eolidia*, *Patella pellucida*, *Pecten*, Seesterne, *Ascidien*, *Alcyonien*, *Polynoe*, *Ostrea*, *Lima*, *Cancer*, *Holothuria*, *Asterias*, *Ophiura*.

Im östlichen Mittelmeer konnte FORBES¹⁾ acht verschiedene Tiefenregionen unterscheiden, deren jede durch eine besondere Fauna und, wenn sie Pflanzen besitzt, auch durch eine besondere Flora charakterisirt ist. Jede dieser Regionen lässt sich von jeder anderen durch bestimmte Arten unterscheiden; gewisse Arten findet man in keiner anderen, manche treten nicht in die darüber liegende, andere nicht in die darunter folgende Region. Gewisse Arten haben ihr Entwicklungsmaximum in einer Region und treten hier in besonders grosser Zahl auf, andere sind Herumstreicher, welche in ihrer Vertheilung durch

1) FORBES, Brit. Assoc. Rep. 1843, S. 154 f.

sekundäre Existenzbedingungen geregelt werden. Jede Zone besitzt auch mehr oder weniger bestimmte Faciescharaktere, doch verschwinden diese Unterschiede mit zunehmender Tiefe. Die erste Zone ist 3 m gross, die letzte ist über 200 m mächtig. Jede Zone kann in kleinere Theile geschieden werden, doch lassen sich solche hauptsächlich nur durch negative Charaktere, das Fehlen bestimmter Arten u. s. w. bestimmen.

Die erste Region oder Litoralzone erreicht ihre Grenze in 3 m Tiefe, die Facies ist wechselnd, gewöhnlich felsig oder sandig. Leitarten sind: *Litorina coerulescens*, *Fasciolaria tarentina*, *Cardium edule* und von Pflanzen *Padina pavonia*. Auf felsigem Strande findet man *Litorina coerulescens*, *Patella scutellaris*, *Kellia rubra*, *Mytilus minimus* und *Fossarus Adansonii*, auf Sand im Wasserniveau *Mesodesma donacilla*, auf Schlamm *Nassa mutabile* und *N. neritoides*, überall, besonders unter Steinen und Pflanzen *Cerithium mamillatum*, *Truncatella truncata* und *Auricula*. Alle diese Arten leben gesellig. Von Algen ist *Dictyocha dichotoma* und *Corallina officinalis* häufig. Unmittelbar unter der Elementengrenze leben eine Menge von bunten Mollusken zusammen mit Radiaten und Artikulaten. Bohrend im Sande lebt: *Solen strigillatus*, *Lucina Desmarestii*, *Amphidesma sicula*, *Venerupis decussata* und verschiedene Arten von *Donax*, *Tellina*, *Venus*; im Schlamm ist häufig: *Lucina lactea*, auf Felsengrund: *Cardita calyculata*, *Arca barbata*, *Chama gryphoides*, *Lithodomus*, *Chiton squamosus* und *Ch. cajetanus*, *Patella Bonnardii*, *Fissurella costaria*, verschiedene Arten von *Vermetus*, *Haliotis*, *Trochus*, *Cerithium fuscatum*, *Fasciolaria tarentina*, *Fusus lignarius*, *Murex trunculus*, *Polia maculosa*, *Columbella rustica*, *Cypraea spurca* und *Conus mediteraneus*. Hier leben die echten Typen der mediterranen Fauna, die ihr einen subtropischen Charakter geben. In dieser Litoralzone finden wir gewisse Arten auf lokal umgrenzte Gebiete beschränkt. So lebt *Trochus* lokal sehr zahlreich, *Cladocora caespitosa* findet sich nur an der Küste von Kleinasien häufig. In den Cycladen lebt *Actinia rubra* in vielen Exemplaren an bestimmten Stellen. Unter den Blättern von *Padina pavonia* sind unzählige Krebse verborgen, während in den Felsspalten bunte Fische versteckt sind.

Die Bewohner der unteren Grenze der Litoralzone sind ebenfalls sehr charakteristisch. Auf den *Zosterawiesen* leben *Rissoa*, im Sande steckt *Pinna squamosa*. Ausser den leitenden Formen findet man in der Litoralzone natürlich auch die Reste der in tieferen Regionen lebenden Fauna durch die Wellen angespült und, gemischt mit diesen, die Hartgebilde festländischer Organismen. Diese findet man keineswegs immer in der Nachbarschaft der Ströme, welche sie dem Meere zuführten, sondern sie werden durch die Wellen am Ufer entlang verfrachtet und liegen oft fern von der Mündung des Flusses.

Die zweite Region hat felsigen, sandigen oder schlammigen Boden und reicht von 3—18 m. Charakteristische Thiere sind *Cerithium vulgatum*, *Lucina lactea* und Holothurien. Pflanzen: *Caulerpa prolifera* und *Zostera oceanica*. Ausser den genannten findet man hier: *Nucula margaritacea*, *Cerithium lima*, *Trochus crenulatus*, *Tr. Spratti*, *Rissoa ventricosa*, *R. oblonga*, *Marginella clandestina*, *Tellina donacina*, *Cardium exiguum*. Stürme bringen diese Formen

auch in die Litoralzone herauf. *Caryophyllia* tritt auf und reicht von hier in die tieferen Zonen hinab.

Die dritte Region reicht von 18—36 m. Der Seeboden ist gelegentlich kiesig, oft sandig oder mit blauem Schlamm bedeckt. Charakteristische Formen sind *Aplysia* und *Cardium papillosum*. *Caulerpa* und *Zostera* werden seltener, auf den *Zosterablättern* lebt eine kleine *Asterina*, und grosse Holothurien sind häufig. Neben *Aplysia* findet man eine blaue *Goniadoris*. Am weitesten verbreitet sind ausserdem *Lucina lactea*, *L. hiaticelloides*, *Cardium papillosum*, *Tellina donacina*, *Cerithium lima*, *Ligula Boysii*, *Nucula margaritacea*, *N. emarginata*.

Die vierte Region reicht von 36—64 m. Der Seeboden ist sehr wechselnd, meist mit Kies oder Schlamm bedeckt, seltener sandig. Von Algen sind häufig: *Dictyomenia volubilis*, *Sargassum salicifolium*, *Codium bursa*, *C. flabelliforme* und *Cystocleira*. Das seltene *Hydrodictyon umbilicatum* fand sich hier an der kleinasiatischen Küste. Korallinen sind hier häufiger als in anderen Regionen. Lokal lebt *Porites daedala*. *Retepora cellulosa* ist sehr häufig. *Tubulipora* tritt in mehreren Arten auf. *Myriapora truncata* und *Cellaria ceramioidea* sind charakteristisch. Spongien, besonders feine *Euspongia officinalis* wachsen hier, Nulliporen sind zahlreich, Echiniden und *Antedon* sind häufig, ebenso Krebse und Anneliden. Von Conchilien leben hier *Nucula margaritacea*, *N. emarginata*, *Dentalium 9 costatum*, *Arca lactea*, *Cardium papillosum*, *Corbula nucleus*, *Ligula Boysii* und *Cerithium lacteum*.

Die fünfte Region reicht von 64—100 m. Der Boden ist mit Conchilien und Nulliporen bedeckt. Charakteristisch sind: *Cardita aculeata*, *Nucula striata*, *Pecten opercularis*, *Myriapora truncata*, von Pflanzen: *Rityphloea tinctoria*. *Dictyomenia volubilis* wird selten, *Chrysomenia uvaria* ist häufig. Ausser vielen Echinodermen, manchen Zoophyten findet man hier: *Nucula margaritacea*, *N. emarginata*, *N. striata*, *Pecten opercularis*, *Turritella tricostrata*, *Cardium papillosum*, *Cardita aculeata*, *Dentalium 9 costatum*.

Die sechste Region reicht von 100—144 m. Der Boden ist vorherrschend mit Nulliporen bedeckt. Grünalgen sind selten. *Cidaris hystrix* ist charakteristisch, sowie *Venus ovata*, *Turbo sanguineus*, *Pleurotoma maravignae*. Am meisten vertreten sind *Venus ovata*, *Cerithium lima* und *Pleurotoma*. Am zahlreichsten sind: *Turbo sanguineus*, *Emarginula elongata*, *Nucula striata*, *Venus ovata*, *Pecten similis* und Brachiopoden. Die hier häufigen holostomen Schnecken leben von Nulliporen.

Die siebente Region von 146—190 m besitzt eine sehr charakteristische Fauna. Die Facies ist meist Nulliporen, seltener Sand oder Schlamm. Grünalgen sind verschwunden. Echinodermen sind nicht selten, Zoophyten und Schwämme selten. Hier leben: *Hornera*, *Leprelia*, *Cellepora*, *Grantia*, *Echinus monilis*, *Cidaris hystrix* und *Echinocyamus*, mit Ophiuriden, während die Asteriden fehlen. Auch Tunicaten und Naktsschnecken findet man nicht. Krebse sind nicht selten, von Würmern ist häufig eine glasse *Serpula*. Am weitesten verbreitet sind *Lima elongata*, *Cardita aculeata*, *Rissoa reticulata*, *Fusus muricatus*. Am

zahlreichsten sind: *Rissoa reticulata*, *Turbo sanguineus*, *Venus ovata*, *Nucula striata*, *Pecten similis* und Brachiopoden.

Hier wurden gefunden:

<i>Ligula profundissima</i>	<i>Arca lactea</i>
<i>Corbula nucleus</i>	— <i>scabia</i>
<i>Poromya anatinoides</i>	— <i>imbricata</i>
<i>Neaera cuspidata</i>	— <i>tetragona</i>
— <i>costellata</i>	<i>Nucula Polii</i>
— <i>abbreviata</i>	— <i>margaritacea</i>
<i>Pandora obtusa</i>	— <i>striata</i>
<i>Saxicava arctica</i>	<i>Modiola barbata</i>
<i>Lucina commutata</i>	<i>Lima elongata</i>
— <i>bipartita</i>	— <i>crassa</i>
<i>Astarte incrassata</i>	<i>Pecten Dumasii</i>
— <i>pusilla</i>	— <i>similis</i>
<i>Cytherea apicalis</i>	<i>Spondylus Gussonii</i>
<i>Venus ovata</i>	<i>Ostrea cochlear</i>
<i>Cardium minimum</i>	<i>Anomia polymorpha</i> ;
<i>Cardita squamosa</i>	

von Schnecken:

<i>Chiton lacvis</i>	<i>Fissurella graeca</i>
<i>Lottia unicolor</i>	<i>Bulla utriculus</i>
<i>Pileopsis ungaricus</i>	<i>Natica pulchella</i>
<i>Emarginula cancellata</i>	<i>Eulima distorta</i>
— <i>elongata</i>	<i>Parthenia elegantissima</i>
— <i>capuliformis</i>	
<i>Rissoa ventricosa</i>	<i>Pleurotoma reticulata</i>
— <i>reticulata</i>	— <i>maravignae</i>
— <i>ovata</i>	— <i>gracilis</i>
<i>Turritella triplicata</i>	<i>Fusus muricatus</i>
<i>Trochus linei</i>	<i>Murex cristatus</i>
— <i>exiguus</i>	<i>Nassa intermedia</i>
— <i>millegranus</i> ,	<i>Mitra ebenus</i>
<i>Turbo sanguineus</i>	— <i>phillippiana</i>
— <i>rugosus</i>	<i>Tornatella fasciata</i>
<i>Phasianella pulla</i>	— <i>pusilla</i>
<i>Cerithium lima</i>	— <i>globulosa</i>
<i>Triforis adversum</i>	<i>Marginella clandestina</i>
<i>Pleurotoma crispata</i>	<i>Dentalium 9 costatum</i>
	— <i>5 angulare</i> ;

von Brachiopoden:

<i>Terebratula truncata</i>	<i>Terebratula vitrea</i>
— <i>detruncata</i>	— <i>appressa</i>
— <i>lunifera</i>	<i>Crania ringens</i> .
— <i>seminula</i>	

Die achte Region umfasst die Gebiete unterhalb 190 m bis zu 420 m. Sie wird bewohnt von einer sehr eintönigen, aber spezifischen Fauna. Innerhalb dieser Region vermindert sich allmählich das Thierleben in der Aegäischen See bis zu Null. Der Boden besteht aus gelbem Schlamm, der viele Pteropoden- und Foraminiferenschalen ent-

hält. Der Grenzpunkt des organischen Lebens liegt in dem Aegäischen Meer nach FORBES bei 550 m. Charakteristische Thiere sind: *Dentalium 5 angulare*, *Kellia abyssicola*, *Ligula profundissima*, *Pecten Hoskynsi*, *Ophiura abyssicola*, *Idmonea*, *Alecto*.

Pecten Hoskynsi, *Lima crassa*, *Nucula aegeensis*, *Scalaria hellenica*, *Parthenia fasciata*, *P. ventricosa* wurden nur in dieser Region gefunden. *Ligula profundissima*, *Pecten similis*, *Arca imbricata*, *Dentalium quadrangulare*, *Rissoa reticulata* sind hier zahlreicher als in den höheren Zonen. *Bullaca angustata*, *Rissoa acuta*, *Cerithium lima* und *Teredo* scheinen Wandergäste zu sein.

Von Ophiuren leben hier: *Ophiura abyssicola*, *Amphitura florifera*, *A. chiagi*, *Fectinura vestita*; von Pflanzenthieren *Caryophyllia cyathus*.

Von Muscheln wurden gefunden:

<i>Teredo</i>	<i>Ncaera cuspidata</i>
<i>Ligula profundissima</i>	— <i>costellata</i>
<i>Corbula anatinoides</i>	— <i>attenuata</i>
<i>Pandora obtusa</i>	<i>Nucula Polii</i>
<i>Thracia pholadomyoides</i>	— <i>striata</i>
<i>Kellia abyssicola</i>	— <i>aegeensis</i>
— <i>oblonga</i>	<i>Lima elongata</i>
<i>Astarte pusilla</i>	— <i>crassa</i>
<i>Venus ovata</i>	<i>Pecten Dumasii</i>
<i>Lucina ferruginosa</i>	— <i>similis</i>
<i>Cardium minimum</i>	— <i>fenestratus</i>
<i>Cardita squamosa</i>	— <i>Hoskynsii</i>
<i>Arca lactea</i>	<i>Ostrea cochlear?</i>
— <i>scabra</i>	<i>Anomia polymorpha</i>
— <i>imbricata</i>	
— <i>tetragona</i>	

von Schnecken:

<i>Lottia unicolor</i> ,	<i>Rissoa ovatella</i>
<i>Bullaeu aperta</i>	<i>Scalaria hellenica</i>
— <i>alata</i>	<i>Scissurella plicata</i>
<i>Bulla utriculus</i>	<i>Trochus millegranus</i>
— <i>cretica</i>	<i>Pleurotoma abyssicola</i>
<i>Eulima subulata</i>	<i>Fusus echinatus</i>
<i>Parthenia ventricosa</i>	<i>Nassa intermedia</i> var.
— <i>turris</i>	<i>Marginella clandestina</i>
— <i>fasciata</i>	<i>Dentalium 5 angulare</i>
<i>Rissoa reticulata</i>	

Die späteren Untersuchungen von FORBES an den britischen Küsten ergaben folgende Daten, betreffend die Zonengliederung der submarinen Fauna:

Die Litoralregion wird bewohnt von *Litorina*, *Trochus*, *Patella*, *Purpura*, *Mytilus edulis*, *Cardium edule*, *Kellia rubra*.

In der Laminarienregion von der Ebbelinie bis 27 m finden sich *Lacuna puteolus*, *Rissoa parva*, *R. interrupta*, *R. labiosa*, *Phasianella pullus*, auf *Zostera*; *Trochus cinereus*, *Magus ziziphinus*, *Acmaea virginea*, *Modiola modiolus*, *Nucula nucleus* auf schlammigem Kiesgrund; *Turritella*, *Corbula nucleus*, *Syndosmya alba*, *Dentalium*

tarentinum, *Ophiocoma rosula* auf sandig-schlammigen Stellen; *Solen pellucidus* und *Mastra subtruncata* auf Sand; *Chiton asellus* auf Schalen und Steinen; *Echinus miliaris* auf wechselndem Grund, Ascidien und Krebse überall. An schottischen Küsten kommen als häufige Funde hinzu: *Dentalium entalis*, *Lucina flexuosa*, *Lima hians*, *Venus striatula*, *Ophiocoma chiagii* und lokal *Cardium pygmaeum*, *Crenella decussata*, *Bulla akera*.

Die Korallinenregion reicht von 27—75 m. In der oberen Abtheilung von 27—45 m kommen vor: *Trochus ziziphinus*, *T. tumidus*, *Chiton asellus*, *Acmaea virginica*, *Nassa reticulata*, *Turritella*, *Venus ovata*, *V. fasciata*, *Pecten opercularis*, *Modiola modiolus*, *Crenella*, *Pectunculus*, *Nucula nucleus*. Dazu kommen an den Schottischen Küsten: *Astarte sulcata*, *A. elliptica*, *Syndosmya intermedia*, *Lima subauriculata*, *Leda caudata*, *Cardium fasciatum*, *Lucina sinuata*. Ueberall ist *Echinus sphacra* und *Ophiocoma* vorhanden. In der mittleren und unteren Abtheilung der Korallinenregion sind an den englischen Küsten häufig nur: *Solen pellucidus*, *Pecten varius*, *Modiola modiolus*, *Dentalium tarentinum*. Dagegen sind an den schottischen Küsten verbreitet: *Terebratula caput serpentis*, *Crania norvegica*, *Dentalium entalis*, *Nucula nucleus*, *Astarte sulcata*, *Leda caudata*, *L. pygmaea*, *Mastra elliptica* und *Modiola modiolus*.

Zwischen 75—110 m, am Rand der Region der Tiefseekorallen ist an den englischen Küsten *Cardium succicum* häufig. In der Schottischen See finden wir: *Nucula tenuis*, *N. decussata*, *Venus fasciata*, *V. ovata* und *striatula* var., *Turritella*, *Leda caudata*, *Syndosmya intermedia*, *Lucina spinifera*, *Dentalium entalis*, *Ditrupa*, *Astarte*, *Echinus norvegicus*.

Um schliesslich noch eine Zonengliederung des Tropenmeeres hier zu erwähnen, will ich die Regionen der Küsten des Rothen Meeres nach O. FRAAS¹⁾ schildern:

- I. Region 10 Schritt breit am sandigen Ufer, bewachsen mit einem Walde braungrüner Algen, dazwischen *Patella* sp., *Nerita albicilla*, *Columbella mendicaria*, *Oliva funebris*, in Löchern der Felsen *Ophiocoma*, in Tümpeln *Grapsus*, *Gelasimus*.
- II. Region. Auftreten becherförmiger Algen, vereinzelt noch *Columbella*, häufig: *Natica melanostoma*, *Cerithium maculosum*, *Strombus gibberulus*, *Turbinella cornigera*, die Region ist auch nur wenig Schritt breit; dann folgt die
- III. Region. Die Algen werden seltener, sind violett, karminroth, anilinblau. Hier lebt *Echinus*, *Diadema*, Ascidien, Phalusion, *Pinna*, *Meleagrina*; umherkriechen: *Dolium pomum*, *Terebra caerulea*, *Ricinula tuberculata*, *Trochus*.

200 Schritt vom Meere beginnt die

- IV. Region, welche auch bei Ebbe vollkommen unter Wasser bleibt. Hier lebt *Balanus*, *Chama*, *Ostrea*.

Endlich folgt die VI. Region und damit beginnt das eigentliche Madreporenriff.

1) O. FRAAS, Aus dem Orient S. 185.

Sobald man die lokal durchaus giltigen Tiefenzonen auf ein etwas entfernteres Gebiet desselben Meeres anwenden will, ergeben sich mehr oder minder bedeutende Abweichungen, und seitdem man mit dem Schleppnetz in grösseren Tiefen zu dredgen begonnen hat, seitdem man vergleichende Untersuchungen über verschiedene Küsten ausdehnte, ist der Werth solcher Zonengliederung immer mehr illusorisch geworden.

Wir haben in früheren Abschnitten gezeigt, dass eine ganze Reihe von Faktoren die Vertheilung der Organismen im Meere bestimmen, und unter diesen ist die absolute Tiefe eines der nebensächlichsten Momente. In dem folgenden Theil über „Die Lebensweise der Meeres-thiere“ wird man fast auf jeder Seite Beispiele dafür finden, dass eine grosse Zahl von Meeresthieren in sehr wechselnden Tiefen leben, und daraus geht hervor, dass die Meerestiefe ohne grundlegende Bedeutung sein muss.

Betrachten wir die Verhältnisse der gegenwärtigen Meere, so sehen wir eine submarine topographische Grenze in der Kontinental-linie gegeben. Durch diese Linie wird das Gebiet der Küstenstufe oder der Kontinentalstufe geschieden von dem Gebiet der tiefen Meeres-becken. Zwar sind Flachsee und Tiefsee durch viele Uebergänge verknüpft, allein im Allgemeinen lassen sich bestimmte Gegensätze zwischen beiden Extremen leicht nachweisen.

	Flachsee	Tiefsee
Belichtung:	durchlichtet	dunkel
Vegetation:	reiche Flora	pflanzenlos
Wasser:	bewegt	ruhig
Facies:	wechselnd, oft felsig	gleichbleibend
Temperatur:	wechselnd	unverändert
Salzgehalt:	wechselnd	gleichmässig.

Wir können auf die Bionomie der Tiefsee erst später eingehen und wollen hier die wichtigsten Charaktere der Flachseefauna nach vorstehendem Schema hervorheben:

Kein zweiter Lebensbezirk des Meeres zeigt eine solche Mannich-faltigkeit der Existenzbedingung neben- und übereinander, keine Zone ist im Laufe der Erdgeschichte so oft und so beständig verändert worden wie die Flachsee. Eingeschaltet zwischen das Festland und das offene Meer, steht die Flachsee vermittelnd da zwischen dem Gebiet der luftathmenden Organismen und dem Reich der wasserathmenden Lebewesen. Die Verhältnisse des Festlandes und des Ozeans greifen überall ineinander, stets wechselt das Meer seine Grenzen und damit wandert die Flachsee von einer Stelle der Erdrinde auf eine benach-barte hinüber. Wo vorher die üppige Flora festländischer Wälder blühte, da tummeln sich bald darauf die abenteuerlichen Geschöpfe des Meeres, Algenwiesen werden trocken gelegt und von der Landfauna in Besitz genommen.

Die Flachsee ist nach PFEFFER¹⁾ die Heimath aller irdischen Lebewesen, und von ihr aus wurde nicht nur das Süsswasser und das Festland, sondern auch das offene Meer und die Tiefsee bevölkert.

1) PFEFFER, Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Thierwelt. Hamburg 1891.

Alterthümliche Thiere¹⁾, wie *Trigonia*, *Limulus*, *Lingula*, *Nautilus*, *Amphioxus*, *Cestracion* finden sich im seichten Wasser der Flachsee, während die Tiefsee mehr mesozoische und känozoische Typen uns darbietet.

Als ersten Charakter der Flachsee erkannten wir die Durchleuchtung. Infolgedessen sind alle leuchtungsgrigen Thiere Bewohner der Flachsee, chlorophyllhaltige Thiere gedeihen, wie in einem früheren Abschnitte besprochen wurde, hier am besten.

Freilich darf man nicht annehmen, dass die Thiere der Flachsee alle das kräftige Licht lieben. Selbst die mit wohlentwickelten Augen versehenen Schnecken verbergen sich am Tage meist unter Steinen und werden erst Nachts lebendig. Ebenso wie die Thiere des Plankton am Tage das Licht fliehen und tiefere Meeresschichten aufsuchen, so sind die meisten Flachseethiere Dämmerungsbewohner, welche erst bei beginnender Dunkelheit lebhaft herumkriechen.

Die bunte Färbung vieler Flachseethiere darf wohl als mittelbare Folge des Lichtes aufgefasst werden. Die Mehrzahl der Tiefseethiere sind zwar mit grellen Farben versehen, allein sie entbehren der Farbenzeichnung, welche eine Eigenthümlichkeit der Fauna des flachen Wassers ist. FORBES²⁾ sagt auf Grund seiner Studien im Aegäischen Meere: Die meisten Schalen der in der untersten Zone lebenden Mollusken sind weiss oder durchsichtig, nur wenige sind gefärbt. In der siebenten Region sind weisse Formen ebenfalls noch vorherrschend, doch nicht so ausschliesslich wie in der achten Zone. Braunroth, die vorwiegende Farbe der Brachiopoden, giebt der Fauna dieser Zone die Farbe; die darin lebenden Krebse sind roth. In der sechsten Zone werden die Farben leuchtender; rothe oder gelbe, gleichmässig gefärbte Schalen überwiegen. In der fünften Region sind manche Arten mit Bändern oder Adern verschiedener Farben gezeichnet, und die Zahl der weissen Farben hat sehr abgenommen. In der vierten Zone sind purpurne Farben häufig und Farbenkontraste verbreitet. In der dritten und zweiten Region kommen grüne und blaue, bisweilen sehr lebhaft Farben vor, aber die frischeste Farbencombination findet sich in der Litoralzone ebenso wie das glänzendste Weiss. Die Thiere der Mollusken und Radiaten der höheren Zonen sind viel brillanter gefärbt als die der tieferen Regionen, wo das Fleisch durchgängig weiss ist, selbst wenn die Schale gefärbt erscheint. Ein Beispiel solcher brillanter Färbung von Schale und Körper ist *Trochus*; während die litoralen Formen mit bunten Zeichnungen bedeckt sind, erscheinen die Thiere der tiefer lebenden Arten in gelben, röthlichen oder weissen Tönen, obwohl die Schale auch hier noch bunt ist.

Direkt abhängig vom Licht ist das Pflanzenleben, welches in so reicher Formentwicklung die Flachsee bedeckt. Alle Thiere, welche als Pflanzenfresser leben, sind infolgedessen Bewohner der Flachsee. Aber selbst viele Fleischfresser sind auch an die flachen Gebiete gebunden, dadurch, dass sie sich von jenen Pflanzenfressern nähren. Die räuberischen Krebse, die Mehrzahl der Fische sind Bewohner der Flachsee, denn hier finden sie die kleineren Meeresthiere ihrer Nahrung.

1) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake S. 156.

2) Brit. Assoc. Rep. 1843, S. 172.

Selbst Schlammfresser leben in grosser Zahl zwischen den Meerespflanzen, welche ihnen Schutz gegen den Wellenschlag und gegen Verschiebung des lockeren Sedimentes gewähren. Wie reich ist die Fauna der Tanggebüsche; von den Wurzelfortsätzen bis hinauf zu den Blattspitzen ist Alles belebt; Muscheln, Schnecken, Bryozoen, Polypen und Protozoen leben hier in Menge.

Eine reiche Fauna lebt zwischen den rothen Kalkalgen des Golfes von Neapel¹⁾, zarte Polypenstöckchen wachsen darauf und sind für die Krebse *Pisa*, *Maja*, *Lambrus*, *Inachus* willkommene Leckerbissen. Die meist röthlichgefärbten Krabben sind oft selbst mit Kalkalgen und Polypen bewachsen und so trefflich geschützt gegen die Nachstellungen ihrer Feinde. Der kleine feuerrothe Krebs *Bilumnus hirtellus* versteckt sich äusserst geschickt zwischen den Algenknollen, und kleine rothe *Chiton* sind auf der Algenunterlage kaum zu erkennen. *Pecten*-arten, meist roth oder violettgefärbt, leben in grosser Anzahl auf den Algenlagern und fliegen bald munter herum, bald fixiren sie sich mit ihren Mantelrandfäden, um einer Wasserströmung Widerstand zu leisten. *Arca* bohrt sich mit Vorliebe in *Lithothamnium*knollen ein und oft sitzen auf einer Knolle 10—20 Individuen, jung und alt bei einander. Das grosse Heer der übrigen Thiere von 10 cm. grossen *Lima* bis zu millimeterbreiten *Nucular*arten, vom faustgrossen *Trochus* bis zur kleinsten *Turritella*, *Lima*, *Spondylus*, Echiniden, Asteriden, *Commatala*, *Eschara*, *Lepidalia*, *Flustra* und viele Krebse kann ich hier nur erwähnen.

Zwischen den Gebüschen der zierlichen Florideen, welche felsige Meeresgründe überziehen, und deren Fauna reiche Anpassungen an ihre Umgebung zeigt, herrschen ganz ähnliche Verhältnisse.

Als einen weiteren Faktor der Flachsee nannten wir die Wasserbewegung. Zwar äussert sich die Brandung am Strand am heftigsten, allein das Gebiet der Kontinentalstufe ist überall von Strömungen und Wellen beeinflusst; selbst eine Welle von 1 m Höhe äussert sich noch in 200 m Tiefe in merkbarer Weise. Zwar schwächt sich die Intensität der Strömungen nach der Tiefe zu immer mehr ab, allein im Gebiet der Flachsee erstreckt sich die Wirkung derselben meist bis zum Meeresboden. Infolgedessen finden wir erstens in der Flachsee viele Pflanzen und Thiere mit überaus elastischen Geweben. Die Spongien, Aktinien, Ascidien und Würmer, welche es verschmähen, ihre Weichtheile mit schützenden Panzern zu umgeben, besitzen lange prosenchymatöse Gewebeelemente, wie die Lianen des Urwaldes. Ebenso ist das knorpelige Gewebe der Tange eine Einrichtung, um selbst bei heftiger Brandung Verletzungen der Pflanzentheile zu verhüten.

Die Mehrzahl der Flachseethiere schützt sich aber durch kalkige Panzer gegen den Angriff der Wellen. Die Gehäuse der Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, die Panzer der Krebse und Panzerfische, die Gehäuse der Seeigel, die Skelette der Seesterne, Crinoiden, Knochenfische, die Kalkgerüste der Korallen und Bryozoen sind Einrichtungen des Schutzes, und je heftiger die Brandung, je intensiver die Strömung ist, desto kräftiger werden diese Kalkabscheidungen.

1) J. WALTHER, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1885, S. 235.

Die wesentliche Bedeutung¹⁾ der Schale ist die eines Schutzapparates und diese kann natürlich umsomehr erfüllt werden, je stärker und umfangreicher die Schale erscheint. Es ist in dieser Beziehung nicht ohne Interesse, wenn wir wahrnehmen, wie im Allgemeinen bei den die Küste bewohnenden Mollusken eine dickere und festere Beschaffenheit der Schale vorkommt, als bei den Bewohnern der Tiefe.

Alle Muscheln, Schnecken, Krebse, Korallen, welche man aus grossen Tiefen erbeutet, haben halbdurchsichtige, zarte und leicht zerbrechliche Panzer.

Wir hätten endlich als wichtigen Charakter der Flachsee die wechselnde Beschaffenheit der Facies, der Wassertemperatur und des Salzgehaltes zu erwähnen. Wenn wir dazu noch den wechselnden Vegetationscharakter rechnen, so sehen wir die Flachsee als das Gebiet der mannichfaltigen Existenzbedingungen. Infolgedessen ist die Fauna der Flachsee unendlich viel reicher als die der Tiefsee oder des offenen Meeres. Denn während hier die Existenzbedingungen auf ungeheuere Erstreckung unverändert die gleichen bleiben, wechselt die Natur der Flachsee von einer Meeresbucht zur andern. Die Mehrzahl¹⁾ der für die marine Fauna und Flora der Gegenwart charakteristischen Formen findet sich innerhalb der Kontinentallinie. Dann folgt eine neutrale Region mit einer gemischten litoralen und abyssalen Fauna und darauf die monotone Fauna der Tiefsee.

1) BERGMANN u. LEUCKART, Vergl. Anatomie u. Physiologie, 1855, S. 379.

2) A. AGASSIZ, Blake I, S. 143.

14. Aestuarien und Relictenseen.

Wir haben in einem früheren Abschnitt gezeigt, dass ein Theil des Halobios am Strande auf der Einwanderung in das Festland begriffen ist. Die dort erwähnten, über der Fluthlinie, ja selbst über der Brandungsgrenze auftretenden Pflanzen und Thiere bedürfen zu ihrem Gedeihen nicht mehr das flüssige Element als Wohnort, sondern sind nur noch an die Nähe des Meeres gebunden. Ja die Landkrabben sind gleich manchen Schnecken soweit in das Festland hineingedrungen, dass wir sie schon zum Geobios rechnen müssen.

Es ist begreiflich, dass nur wenige Thiere oder Pflanzen im Stande sind, direkt das Meer mit dem trockenen Lande zu vertauschen. Denn sie geben nicht nur den Salzreichtum, sondern auch den Aggregatzustand ihres Lebenselementes auf.

Leichter scheint sich der Uebergang vom Meere nach dem Süsswasser zu vollziehen. Hier bedarf das Thier nur einer bedeutenden Widerstandskraft gegen den verminderten Salzgehalt des Wassers, um sich rasch in dem neuen Wohnort einzubürgern. Und so wollen wir in diesem Abschnitt betrachten, wie sich die Meeresfauna gegenüber den Wasserwegen verhält, welche vom offenen Meere in das Innere der Festländer hineinführen.

Bei jeder geologischen Verlagerung des Küstengebietes, besonders aber dann, wenn ein Meer sich zurückzieht und grössere Strecken ehemaligen Meeresbodens zu Festland werden, gliedern sich Meeresbuchten von kleineren oder grösseren Dimensionen vom Meere ab und werden auf das Gebiet des neuen Landes mit hinübergenommen.

Und selbst bei ruhendem Meeresspiegel bietet der Unterlauf grösserer Flüsse durch sein Delta und sein Aestuarium so allmähliche Uebergänge zwischen Meer- und Süsswasser dar, dass ein Theil der Meeresfauna leicht in ein salzärmeres oder salzfreies Element einwandern kann. Um jene, in einem späteren Abschnitt noch zu besprechenden geologischen Veränderungen in allen ihren Folgewirkungen recht beurtheilen zu können, und um uns ein Urtheil zu bilden über die Besiedelung des Festlandes aus dem Halobios, wollen wir hier die verschiedenen Erscheinungen jenes Ueberganges vergleichend betrachten.

Nicht die gesammte Meeresfauna vermag eine Verminderung des Salzgehaltes zu ertragen, die meisten Thiere werden dabei zu Grunde gehen. Es sind nur die in einem früheren Abschnitt besprochenen

euryhalinen Thiere, welche im Stande sind, ihre salzige Heimath zu verlassen. Wir haben euryhaline Thiere aus fast allen Thiergruppen kennen gelernt, aber es sind doch nur wenige Formen, und damit hängt es auch in erster Linie zusammen, dass die Süsswasserfauna unendlich viel thierärmer ist als die Fauna des Meeres.

Allein mit Recht macht SOLLAS¹⁾ darauf aufmerksam, dass in dem Salzgehalt des Meeres, bezw. der Salzarmuth des Süsswassers nicht der einzige und wesentliche Grund für die Armuth der Süsswasserfauna zu suchen ist. Wir haben bei einer früheren Gelegenheit die Versuche BEUDANTS besprochen, und die Versuche neuerer französischer Biologen, welche Meeresthiere durch langsame Aussüssung des Seewassers allmähig an den Mangel des Salzes gewöhnten. Diese Versuche zeigen, dass eine langsame Austauschung des Wassers den Meeresthieren so wenig schadet, dass die Sterblichkeit kaum grösser ist, als bei einer gleich grossen Anzahl im Seewasseraquarium gehaltenen Exemplaren.

Andere Versuche haben die bemerkenswerthe Thatsache ergeben, dass Krebse, welche einen Wandel im Salzgehalt des Wassers nicht ertrugen und starben, doch Eier produzierten, welche sich unter verändertem Salzgehalt gut entwickelten und ruhig weiterlebten. Es werden also selbst im Laufe eines kurzen Versuches Schädigungen, welche das Leben des Individuum gefährden, doch von der Art nicht empfunden, so dass auf diesem Weg eine Anpassung an neue Verhältnisse leicht vor sich gehen kann.

Kaum ein zweites Thier sollte gegen den Salzgehalt des Wassers so empfindlich sein, wie eine Meduse, und doch bemerkt ROMANES²⁾ der in einem Becken mit *Victoria regia* in London die merkwürdige Süsswasserméduse *Limnocoedium* entdeckte: wenn ein Thier so ausserordentlich unempfindlich gegen Süsswasser war, wie eine Meduse, welche sich an das Leben im salzfreien Wasser vollkommen gewöhnte und trotzdem nach dem Einsetzen in sein ehemaliges Lebensselement sofort stirbt, so können wir nicht verstehen, warum nicht jedes andere Thier im Lauf der Zeiten sein Lebensselement gewechselt hat.

Man hat auch die Armuth der Süsswasserfauna damit zu erklären versucht, dass man auf die ungünstigen klimatischen Verhältnisse des Süsswassers hinwies.

Wenn man den heftigen Kampf ums Dasein bedenkt, den die Thierwelt der Flachsee untereinander kämpft, so könnte man erwarten, zahlreiche marine Thiere auf der Wanderung in die Mündungen grosser Flüsse begriffen zu finden, und vielleicht jeden Fluss durch eine besonders abgeänderte marine Fauna ausgezeichnet zu sehen. Woran liegt es, dass dem nicht so ist?

SOLLAS betont, dass der gewöhnliche Weg, auf welchem marine Thiere über ein grösseres Areal verbreitet werden, das planktonische Larvenleben ist. Die Besiedelung des Meeresbodens mit benthonischen Formen ist jedenfalls hauptsächlich auf diese Weise vor sich gegangen. Aber in ein Flusssystem können diese zarten planktonischen Larven, welche nur mit dem Strome treiben, nie gegen den Strom schwimmen,

1) Trans. R. Dublin Society, III, II, S. 88 f.

2) ROMANES, Nature 1880, Juni.

überaus schwer hineingelangen. Infolgedessen musste das Mittel, welches die Natur im Meere anwendet, um das Wasser zu beleben, im Süßwasser unbrauchbar werden. Denn selbst wenn es einem Thier gelungen war, im Unterlauf eines träge dahinfließenden Stromes sich anzusiedeln, so wurden doch die daselbst produzierten Jugendformen durch die Strömung wieder hinaus in das Meer getrieben.

Nach CREDNER¹⁾ giebt es 5 Transportmittel für die passive Einwanderung von Meeresthieren in Süßwasserströme:

- 1) durch Sturmfluthen und Orkane werden häufig Süßwasserseen nahe dem Strande mit Salzwasser erfüllt und marine Thiere mit hineingeführt;
- 2) tragen Wanderfische angeheftete oder parasitische Thiere mit in die Flüsse. *Idotea entomon* wird, angeklammert an Störe, in die sibirischen Flüsse eingeführt; *Balanus* wandert angeheftet an das Brustschild von Krebsen den Dniester hinauf;
- 3) führen schwimmende Holzstücke, Schiffe etc. *Dreissena* und *Cordylophora* in den Oberlauf deutscher Flüsse, *Balanus improvisus* bis nach Greifswald;
- 4) tragen Stürme und Wirbelwinde litorale Thiere weit landeinwärts;
- 5) bringen Seevögel an ihren Federn, im Kropf, im Magen, an den Füßen kleinere Meeresthiere oder deren Eier in das Festland hinein. So fanden DE FILIPPI und GIOGLIOI an den Federn eines Sturmvogels *Ornitholepas australis*.

Nektonische Fische konnten leicht in die Ströme gelangen, deshalb sind sie überall zu finden; auch Krebsen gelang es, die Strömung zu überwinden.

Bei den meisten Süßwasserthieren beobachtet man, dass sie nicht freischwimmende Larvenformen besitzen, sondern dass die Jugendformen in ruhenden Eikapseln oder im Mutterleibe ihre Ausbildung erhalten. SOLLAS vermuthet, dass alle Süßwasserthiere einstmals im Meere sich phanerogen entwickelten, und dass sie seit ihrer Einwanderung durch Auslese kryptogen geworden sind.

Unter solchen Umständen erscheint uns die Süßwasserfauna in einem neuen Licht, und die strömenden Flüsse behalten ihren Werth als Wege der Einwanderung mariner Thiere in das Festland nur für nektonische Organismen oder für solche Formen, welche z. B. an Fremdkörpern angeheftet mit der Fluth in den Unterlauf der Flüsse gelangen, wie *Dreissena*, *Cordylophora* und die im Hurreegonga in Bengalen gefundene *Nausitora Dunlopici*²⁾, welche mit *Teredo* nahe verwandt ist.

Wir bezeichnen mit dem Worte Aestuarium, in der Bedeutung, welche das Wort früher gehabt hat, denjenigen Theil des Unterlaufes eines Flusses, der unter dem Einfluss des Meeres steht. Die Grenze der Küste und der Aestuarien fällt also zusammen. Das Küstengebiet umfasst diejenige Zone des Festlandes, welche in Beziehung zum Ozean steht, das Aestuarium den entsprechenden Theil eines Flusses.

1) CREDNER, Petermann's Mitth. Erg. Nr. 86, S. 82.

2) WRIGHT, Trans. Linn. Soc. 1864, S. 451.

Der Einfluss des Meeres macht sich in den Aestuarien besonders bemerkbar durch das Eindringen der Fluth. Sind die Gezeiten an einer Küste bedeutend, dann dringen sie auch tief in das Aestuarium ein. An den Ufern des Mittelmeeres oder der Ostsee dagegen ist ihr Einfluss gering. Das Gebiet des Aestuarium, innerhalb dessen die Gezeiten merklich sind, heisst das Flussgeschwelle¹⁾.

Am Ganges ²⁾	reicht das Flussgeschwelle	110 km bis	Calcutta
am Hudson	" "	230 "	" Albany
am St. Lorenz	" "	" "	" Grondine
am Amazonas	" "	700 "	" Obidos
am Yangtsekiang	" "	800 "	" Hankou.

Das Eindringen der Fluth geschieht mit sehr grosser Kraft. So konnte ich bei Diamond-harbour im Gangesdelta mit zwei Ruderern nicht stromabwärts fahren, weil uns die Fluth unwiderstehlich stromaufwärts trieb.

Auch der Gezeitenunterschied wird im Flussgeschwelle oft ein höherer als an der Küste des offenen Meeres. In dem Aestuarium des Codiakflusses wird die Fluth 21,3 m hoch. Aber selbst wenn die Fluth nicht so tief und mit solcher Gewalt in das Aestuarium eindringt, so werden doch durch den Windstau und andere Verhältnisse die Wasser des Meeres und des Flusses beständig oder zeitweise miteinander gemischt.

Das leichtere Süsswasser hält sich mehr an der Oberfläche, das schwere Seewasser ist mehr am Boden, aber beständig sind in den Aestuarien die Bedingungen für das Einwandern der marinen Thierwelt gegeben.

An der Kongomündung³⁾ findet man *Galatca*, *Gelasimus*, *Balanus*, *Teredo* weit oben im Brackwasser.

In unsere mitteleuropäischen Flüsse ist *Cordylophora* und *Dreissena* hineingewandert. In Trinidad findet man in trinkbarem Flusswasser noch marine Thiere; v. KENNEL⁴⁾ beobachtete Mytilaceen in ganzen Bänken, welche Baumstämme am Ufer bedeckten und bei Ebbe der heftigen Sonnenhitze ausgesetzt waren. Eine kleine *Pholas* bohrte im Holz der Bäume, eine *Lumbriconcis* und zahllose Nereiden waren zu sehen, *Aega*, *Palaeomon*, *Mysis* und *Atya* vertraten die Krebse, und zwischen den Pflanzen schwammen kleine Medusen von 2—3 mm Durchmesser herum. Alle diese marinen Thiere fanden sich aber nur so weit, als das Wasser vollkommen stehend war.

Zahlreiche Fische⁵⁾ wandern periodisch oder gelegentlich aus dem Meer in die Flüsse hinein, so *Accrina*, *Anguilla*, *Pleuronectes*, *Salmo*, *Accipenser*, *Alausa*, *Petromyzon*.

Wenn Theile des Meeres vom offenen Meere theilweise abgetrennt werden, so dass sie nur noch durch enge Strassen mit ihm zusammenhängen, so wird je nach dem Klima, der Salzgehalt dieser Nebenmeere grösser oder kleiner sein. Strömen viele Süsswasserströme in dieselben hinein, so wird der Salzgehalt vermindert und

1) KRUEMMEL, Ozeanographie II, S. 160.

2) BERGHAUS, Physik. Atlas, Hydrographie V, 20.

3) STUDER, Zeitschrift für Erdkunde 1876, S. 94.

4) v. KENNEL, Arb. aus d. zool. Institut Würzburg VI, S. 16.

5) v. D. BORNE, Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches S. 4.

es entstehen Verhältnisse, wie wir sie von der Ostsee oder dem Schwarzen Meere kennen.

Betrachten wir zuerst eine Meeresbucht, welche in ihrem unteren Theil noch reines Meerwasser, weiter oben aber brackisches Wasser enthält, so finden wir ein ausgezeichnetes Beispiel im „Etang de Berre“, jener Bucht zwischen Marseille und dem Rhonedelta, welche durch einen schmalen Kanal, den Etang de Caronte, mit dem Meere zusammenhängt, während eine Anzahl kleiner Flüsse von Norden in denselben hineinmünden.

Von der Mündung bis zum hinteren Ende findet man auf dem Litoral die gewöhnliche *Litorina neritoides*, weiter entfernt *Truncatella truncatula*, *Alexia myosotis* und in den weniger salzreichen Gebieten *Paludestrina acuta*. Die überspülten Gebiete zeigen enger begrenzte Faunen. So leben in dem Etang de Caronte, welcher den Etang de Berre mit dem Meer verbindet, einige Mollusken, welche nicht tiefer hineindringen. Auf Steinen findet man *Patella coerulea*, am Grunde des maritimen Kanals *Mytilus galloprovincialis*, *Nassa reticulata*, *Cyclonassa neritea*, *Tapes aureus*, *T. petalinus*, *Philine aperta*, sehr kleine *Murex crinaceus*, *Turritella communis*.

Man kann in dem eigentlichen Etang de Berre 4 Regionen unterscheiden:

1) Zuerst die Litoralzone mit Felsen und Pflanzen; hier findet man: *Mytilus galloprovincialis*, *Trochus adriaticus*, *Rissoa lincolata*, *Rissoa oblonga*, *Cyclonassa neritea*, *Loripes lacteus*, *Cardium exiguum*, *Chiton marginatus*. In dem Maasse, als der Salzgehalt sich vermindert, verschwinden *Chiton* und *Trochus*, während *Cyclonassa* und *Rissoa oblonga* wohlgedeihen und *Syndosmya alba* auftritt.

2) Die Sandflächen; hier lebt *Cyclonassa*, wenn auch weniger zahlreich, dafür sind häufig: *Corbulomya mediterranea*, *Tellina exigua*, *Syndosmya ovata*, *Cardium Lamarkii*.

3) Die Zosterawiesen reichen bis 5 m Tiefe und gewähren einen sehr eintönigen Charakter. In kleinerer Zahl tritt *Mytilus galloprovincialis* auf, während der kleine *Mytilus cylindraceus* häufig wird. Grosse *Rissoa oblonga* finden sich selbst, wenn das Wasser fast süß geworden ist. Sodann: *Cardium exiguum*, *Bittium paludosum*, *Cyclonassa neritea*, *Nassa reticulata*, *Rissoa lincolata*.

4) Die sandigen Schlammgründe von 5—10 m Tiefe sind bewohnt von Bänken von *Mytilus galloprovincialis*. Durch das Aus-süßen des Wassers scheinen zwei Muscheln, deren todte Schalen man oft am Ufer findet, ausgestorben zu sein, nämlich *Pecten glaber* und *Modiola adriatica*. Auch *Ostrea edulis* ist im Verschwinden. Dagegen gedeihen hier: *Gastrana fragilis*, *Loripes lacteus*, *Cardium Lamarkii*, *Mytilus cylindraceus*, *Tapes aureus*, *Tapes petalinus*, *Tapes texturatus*, *Bittium paludosum*, *Nassa reticulata*, *Corbula gibba*, *Rissoa oblonga*, *Cyclonassa neritea*.

Wir sehen also hier eine Kombination verschiedenartigster Faunen in demselben kleinen Meeresraum zusammengedrängt, wie sie grössere Nebenmeere auf grössere Entfernung nebeneinander zeigen.

1) MARION, Comptes Rend. Acad. Paris 1887, II, S. 71.

Auch die pelagische Thierwelt findet man im Innern von Lagunen und theilweise ausgesüßten Meeresarmen. Im Canale grande, Porto di Lido und Porto di Chioggia fand IMHOF¹⁾ von Protisten: *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Goniodoma acuminatum*, *Dinophysis homunculus*, *Peridinium Michaelis* und *P. divergens*. Ausserdem zahlreiche Larven von Tunikaten und Mollusken, Hydrachniden, Echinodermen, Würmern und Copepoden, Sagitten, Radiolarien und *Noctiluca*.

Aber viel günstiger für die Anpassung der marinen Thiere an salzarmes und salzfreies Wasser sind die Verhältnisse in solchen Nebenmeeren, deren eine Hälfte Salzwasser enthält, während die nach dem Lande zu hineintretenden Buchten durch Süsswasserströme gespeist werden. Die Ostsee ist, wie wir früher gezeigt haben, ein Nebenmeer, dessen Salzgehalt von Westen nach Nordosten immer mehr abnimmt, bis an den Finnischen Küsten beinahe Süsswasser vorkommt. Das schwere Salzwasser dringt am Boden der Ostsee aber weiter hinein, als die Dichte des Oberflächenwassers vermuthen lässt.

So finden wir in der Ostsee²⁾ eine rein marine Krebsfauna etwa bis in die Gegend von Kalmar. Allmählig verschwinden die stenohalinen Nordseeformen; *Evadne Nordmanni*, welche vorher überaus häufig war, wird durch *Bosmina longirostra* ersetzt; *Podon intermedius*, eine sehr euryhaline Form, ist zahlreich, und je mehr man nach dem Golf von Finnland vordringt, desto seltener werden marine Formen, bis endlich die planktonische Krebsfauna durch Süsswasserformen, wie *Cyclops quadricornis*, *Daphnella brachyura*, *Daphnia quadrangula*, *Bosmina longirostris* gebildet wird.

Der geringe Salzgehalt der Ostsee wirkt verkrüppelnd auf viele der darin lebenden Thiere. *Pectinaria belgica*, welche bei Arendal 12 mm dick ist, erreicht bei Kiel nur einen Durchmesser von 5 mm. Ein anderer Wurm *Travisia Forbesii* ist an der Norwegischen Küste 7 mm dick und 26 mm lang, während er bei Warnemünde nur 4 mm dick und 15 mm lang wird.

Mytilus edulis ist bei Kiel noch 8—9 cm lang, bei Gotland dagegen nur 3—4 cm. *Mytilus* und *Tellina baltica* scheiden weniger Kalk in ihrer Schale ab, welche dünn und häutig wird. *Mya arenaria*, *Tellina baltica* und *Cardium edule* werden im östlichen Theil der Ostsee nicht viel kleiner als in dem Westbecken, weil sie auch hier in den geringeren salzärmeren Tiefen leben.

*Cardium edule*³⁾, welche in der Nordsee die Grösse eines kleinen Apfels erreicht, wird bei Stockholm in tiefem Wasser walnussgross, am Strand in dem salzärmeren Oberwasser aber noch kleiner. Bei Königsberg sind die Exemplare von der Grösse einer Haselnuss, bei Reval nur noch erbsengross. Auch Fische werden in der Ostsee viel kleiner als in der Nordsee, so *Gadus Callarias*, *Cyclopterus Lumpus*, *Esox Bellone*, *Cottus scorpius*.

Während gegenwärtig in der Ostsee Austern nicht mehr leben, findet man ihre Reste in den prähistorischen „Küchenresten“ der Dänischen Inseln, in denen man *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *My-*

1) Zool. Anzeiger 1886, S. 101.

2) POUCHET ET DE GUERNE, Compt. Rend. Acad. Paris 1885, T. 100, S. 919.

3) VON BAER, Bull. Acad. Sc. St. Petersburg IV, S. 36, 123.

tilus edulis, *Litorina litorca* mit *Venus palustra*, *Buccinum reticulatum* und *B. undatum* beobachtet.

Wir finden in der Geschichte der Ostsee den Schlüssel für ihre eigenthümliche Thierwelt. LOVÉN¹⁾ schreibt darüber:

Die innere Ostsee nördlich und östlich einer Linie, die von Schonen nach Rügen gezogen wird, war einst ein östliches Eismeer, das mit dem weissen Meer in direkter Verbindung stand und die Thierformen desselben in sich aufnahm. Die Fundstellen fossiler Schalenreste bei Stockholm und Upsala geben davon Zeugniß. Dann wurde die Ostsee im O. resp. NO. abgesperrt, das Süsswasser nahm überhand, die meisten ihrer arktischen Thiere gingen zu Grunde, Süsswasserthiere wanderten aus den Flüssen in sie hinein und zugleich, vielleicht langsamer, zogen einige Thiere aus der Nordsee in die Ostsee. Gleichzeitig mit dem genannten östlichen Eismeer war die Nordsee ein westliches, entschieden artenreicheres Eismeer, dessen Fauna uns in den Muschelbänken von Uddevalla noch heute aufbewahrt ist. Nach der Bildung des englischen Kanals wanderten neue Arten von Westen her ein.

Deshalb muss man die Fauna²⁾ und Flora der Ostsee als einen verkümmerten Zweig des nordatlantischen Ozeans und des nördlichen Eismeres betrachten; die Organismen sind seit der Eiszeit eingewandert und seit dieser Zeit haben sich, von einer verschwindend geringen Formenzahl abgesehen, keine neuen Thier- und Pflanzenformen in der Ostsee gebildet.

Auch in dem Fall des Schwarzen Meeres liegen die Verhältnisse nicht so einfach, dass man seine Fauna als eine veränderte Mediterranfauna betrachten dürfte, denn³⁾ die gemeinsamen Arten sind kosmopolitische Formen; seine Krebsfauna ist mehr mit der der nördlichen Meere verwandt, besonders des Kattegat und Sund, eine Erscheinung, die durch den gleichen Salzgehalt bedingt sein dürfte.

In manchen Fällen ist der Salzgehalt solcher abgetrennter Meeresbuchten höher als der des benachbarten Ozeans; die Fauna solcher Buchten ist meist sehr arm, denn nur wenige Meeresthiere können eine starke Konzentration des Salzes vertragen. In solchen salzreichen Buchten am Rothen Meere ist besonders *Cerithium* häufig.

Einen interessanten Fall der Formveränderung eines Thieres durch konzentrierte Salzlösung, hat SCHMANKIEWITSCH⁴⁾ beobachtet, welcher im Gadjebeischen Liman bei Odessa fand, dass *Branchipus* mit wechselndem Salzgehalt Form und Farbe änderte. Der Beobachter konnte auch künstlich durch Veränderung des Salzgehaltes *Artemia salina* in *A. Mühlhausenii* umwandeln.

Wenn aber endlich die Verbindung einer Bucht mit dem Meere vollständig unterbrochen und das Wasser durch hineinströmende Flüsse gänzlich entsalzt wird, dann entstehen die vielbesprochenen Relictenseen. Zwar haben kritische Untersuchungen R. CREDNER's⁵⁾ gezeigt,

1) BERENDT, Schr. Königsberg. ökon. Ges. 1867, S. 71.

2) REINKE, Deutsche Rundschau, Okt. 1890, S. 79.

3) MARKIUSEN, Archiv f. Naturgesch. 1867, S. 362.

4) KOWALEWSKY, Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1872, S. 293.

5) R. CREDNER, Die Relictenseen, Petermann's Mitth. Erg.-Heft 89, S. 28.

dass viele Binnenseen, die man früher unbedenklich als Exklaven des Meeres bezeichnete, nicht hierher gehören, allein die Anzahl der übrigbleibenden echten Relictenseen ist immer noch gross genug. CREDNER findet folgende verschiedenen Bildungstypen:

I. Relictenseen entstanden durch Abdämmung und Isolirung von Meerestheilen vermittelt bis über den Meeresspiegel emporgewachsener Gesteinsbildungen, nämlich:

- 1) Deltaseen,
- 2) Strandwallseen,
- 3) Strandriffseen,
- 4) Gletscherseen,
- 5) Meeresbuchten, abgeschnürt durch Torfmoore,
- 6) Meeresbuchten, abgedämmt durch Vulkaneruptionen,
- 7) Atollseen.

II. Relictenseen entstanden durch negative Strandverschiebung.

III. Relictenseen entstanden durch Einschrumpfen ehemaliger Mittelmeere.

Seitdem LOVÉN die Fauna der schwedischen Seen als einen Beweis dafür betrachtet hatte, dass dieselben abgetrennte Meeresbuchten seien, hat man auf Grund des Vorkommens mariner Thierarten eine grosse Zahl von Seen als Relictenseen aufgefasst. CREDNER zeigte, dass in vielen Fällen dieser zoologische Beweis nicht stichhaltig sei. Uns interessieren hier auch weniger die aus jenen Faunen gezogenen Schlüsse als die marinen Thierformen selbst, welche man in Binnenseen gefunden hat, mögen sie nun durch Einwanderung oder durch Abschnürung von Meeresbuchten dahin gelangt sein.

Man hat folgende Relicten-Formen lebend in süssen oder salzigen Binnenseen beobachtet:

Protisten	<i>Achnanthes</i> sp. <i>Actiniscus</i> sol. <i>Ceratoneis fasciola</i> <i>Goniothecium Marismortui</i>
Spongien	<i>Lubomirskia Baikalensis</i>
Medusen	<i>Medusa Tanganjicae</i> <i>Limnocoedium Sowerbyi</i>
Hydroiden	<i>Cordylophora lacustris</i>
Würmer	<i>Dicotylius pulvinar</i> <i>Manayunkia speciosa</i> <i>Monotus morgiensis</i> <i>Nemertes</i> sp. <i>Nereis</i> sp. <i>Plagiostoma Lcmani</i> <i>Planaria Angarensis</i>
Bryozoen	<i>Membranipora Lacroixii</i>
Crustaceen	<i>Acanthopus resistans</i> <i>A. elongatus</i> <i>Allorchestes dentatus</i> <i>Balanus</i> sp. <i>Bosmina diaphana</i> <i>Bosmina longispina</i> <i>Bythotrephes longimanus</i>

Crustaceen

Ceriodaphnia punctata
Corophium longicorne
Cythere albomaculata
C. lacustris
Daphnella brachyura
Daphnia cristata
D. cucullata
D. galeata
D. hyalina
D. Kahlenbergensis
D. lacustris
D. pelucida
Gammaracanthus loricatus
Heterocope robusta
Idotea affinis
I. argentea
I. clongata
I. entomon
Leptodora hyalina
Limnocythere inopinata
L. Sancti Patricii
Limnocalanus macrurus
Mysis Meinertzhageni
M. oculata var. *relicta*
Palaeomonetes varians
Pallasea cancelloides
Penella sp.
Pontoporeia affinis
P. filicornis
P. Hoyi
Protomedea pilosa

Mollusken

Adacna edentula
A. plicata
Buccinum reticulatum
Cardium edule
C. rusticum
Cerithium conicum
Didacna crassa
Fissurella sp.
Limnotrochus Thomsoni
Lithoglyphus rufofilosus
L. neritinoideus
Lutaria depressa (*Scrobicularia piperata*)
Melania tuberculata
M. nassa
Melanopsis costata
M. praemorsa
Mytilus sp.
Neothauma Tanganyicense
Patella sp.

Mollusken	<i>Purpura lapillus</i> <i>Syrnolopsis lacustris</i> <i>Voluta</i> sp.
Fische	<i>Alosa</i> finta <i>Atherina lacustris</i> <i>Belone</i> sp. <i>Blennius varius</i> <i>Bl. vulgaris</i> <i>Comephorus Baikalensis</i> <i>Coptodon Zillii</i> <i>Coregonus leucichthys</i> <i>Cottus quadricornis</i> <i>Cyprinodon dispar</i> <i>C. Hammonis</i> <i>C. Moseas</i> <i>Cyprinus agone</i> <i>Datnioides microlepis</i> <i>Engraulis</i> sp. <i>Gasterosteus aculeatus</i> <i>Gobius fluviatilis</i> <i>Hemiramphus</i> sp. <i>Megalops</i> sp. <i>Mullus</i> sp. <i>Petromyzon Wagneri</i> <i>Pristis Perotteti</i> <i>Salmo migratorius</i> <i>Sargus Salvianus</i> <i>Sygnathus</i> sp. <i>Tetrodon</i> sp. <i>Thynnus</i> sp. <i>Trigloopsis Stimpsonii</i> <i>Tr. Thompsoni</i> <i>Trutta lacustris</i> <i>Tr. salar</i>
Seeschlangen	<i>Platurus vulcanicus</i>
Säugethiere	<i>Halicore</i> (?) <i>Manatus Vogelii</i> <i>Phoca annellata</i> <i>Ph. caspica</i> .

Grosses Aufsehen hat die Molluskenfauna gemacht, welche E. SMITH¹⁾ aus dem Tanganyka-See beschrieben hat.

Man fand dort die Gattungen:

<i>Tiphobia</i>	<i>Corbicula</i>
<i>Paramelania</i>	<i>Cyrena</i>
<i>Melania</i>	<i>Planorbis</i>
<i>Melanella</i>	<i>Neothauma</i>
<i>Paludomus</i>	<i>Segmentina</i>
<i>Paludina</i>	<i>Limnaea</i>
<i>Unio</i>	<i>Physa</i>

1) Nach SOLLAS l. c., S. 109.

Pleiodon
Aetheria
Spatha
Mulela

Limnotrochus
Lithoglyphus
Syrnopsis
Lanistes.

Mehrere dieser Formen haben nach SMITH einen durchaus marinen Habitus. Nach SOLLAS sind *Limnotrochus* und *Syrnopsis* aus marinen Gattungen entstanden, während die Mehrzahl der übrigen zu Süßwassergeschlechtern gehören.

Sehr merkwürdig ist es, dass sogar unterirdisch manche Thiere leben können, die sonst nur in Binnengewässern gefunden werden.

In den sprudelnden artesischen Brunnen des Oued Rir in der Provinz Constantine fand ROLLAND¹⁾ lebend: *Bithynia tentaculata*, *Hydrobia Brondeli*, *Hydrobia Peraudieri*, *Amnicola pycnocheila*, *Melania tuberculata*, *Melanopsis Maroccana*, *Melanopsis praemorsa*; von Fischen: *Chromis Desfontainci*, *Chromis Zilli*, *Hemichromis Saharac*, *Hemichromis Rollandi*, *Cyprinodon calaritanus*; von Krabben: *Telphusa fluviatilis*.

Bemerkenswerth ist es, dass Krabben, Fische und Mollusken bisweilen aus den artesischen Brunnenröhren, die 80 m tief gebohrt sind, lebend an die Erdoberfläche heraufgebracht werden, so dass man die Ansicht nicht von der Hand weisen darf, dass hier unterirdische Bassins sind, in denen sie leben.

Wenden wir uns schliesslich zu den bionomischen Verhältnissen der Süßwasserseen, so sind dieselben erst in neuerer Zeit zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht worden. Nach FOREL²⁾ unterscheidet man folgende 3 Hauptregionen in Binnenseen:

1) Das Litoralgebiet. Es ist ausgezeichnet durch geringen Wasserdruck, bewegtes Wasser, Temperaturveränderungen von 5—25 °, gute Belichtung, harten Boden, reiche Flora. Die Bewohner desselben sind stark gebaut, lebhaft gefärbt, schwimmen gut oder besitzen Haftorgane, um sich festzuhalten. Die Thierwelt des Litorals in den Schweizer Seen ist durch aktive oder passive Wanderungen, nach der Eiszeit, eingewandert.

2) Das pelagische Gebiet. Da dasselbe das offene Wasser von der Oberfläche bis zum Grunde umfasst, so ist der Wasserdruck ein wechselnder, Wasserbewegung ist verschieden, Licht und Temperatur nehmen nach der Tiefe zu rasch ab, eine einfache Algenflora ist vorhanden.

Die Thiere dieser Region sind gute Schwimmer, schwimmen aber nicht rasch, ihr Körper ist durchsichtig, durch wenige Pigmentpunkte gefärbt, sie sind lichtscheu und wandern am Tage in die Tiefe.

Die pelagische Fauna³⁾ der Süßwasserbecken ist an Individuen sehr reich; *Daphnia* und *Diaptomus alpinus* trifft man noch 2600 m hoch in den Alpenseen.

Bis in eine Höhe von 1800 m zeigen sich meist 7—16 Arten in dem einzelnen See, höher hinauf wird die Artenzahl geringer. Am

1) ROLLAND, Compt. Rend. Acad. Paris T. 93, S. 1090.

2) FOREL, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1878, S. 385.

3) IMHOF, Zool. Anz. 1887, S. 41.

weitesten und allgemeinsten verbreitet sind *Daphnia*, *Cyclops* und *Diaptomus*.

Bosmina fand sich bis 1908 m, *Bothytrepes longimanus* bis 709 m, *Leptodora hyalina* bis 1075 m, *Daphnella brachyura* bis 780 m.

Von Rotatorien findet man *Anuraca longispina* bis 2640 m, *Polyarthra platyptera* bis 2500 m, *Synchaeta pectinata* bis 2307 m, *Asplanchna helvetica* bis 1793 m. Von Protozoen ist *Ceratium hirudinella* bis 1993 m gefunden worden, *Peridinium* bis 2222 m, *Dinobryon divergens* bis 1740 m, *D. sertularia* bis 2500 m Höhe.

Endlich fand man den Copepoden *Heterocope robusta* bis 2680 m im Oberengadin.

3) Die Tiefsee. Hier herrscht starker Wasserdruck und vollkommene Ruhe, eine beständige niedrige Temperatur, schwache Beleuchtung; der Boden ist mit dünnflüssigem Schlamm bedeckt und von wenig Algen bewachsen. In 100 m fand man noch: *Oscillaria subfusca*, *O. versatilis*, *Pleurococcus roseopersinicus* und einige Diatomeen. Die Thiere sind klein, schwächlich, langsam, meist im Schlamm vergraben. Die Fauna entstand aus einer binnenländischen Litoralfauna und ist überall sehr gleichartig.

Man hat mehrfach beobachtet, dass die absolute Grösse der Thiere, welche Süsswasserseen bewohnen, in direktem Verhältniss zu der Grösse des Wasserbeckens steht. Im kleinen Lambathsee¹⁾ ist das Wasser kalt und arm an Insekten; daher erreichen hier die Saiblinge nur geringe Grösse. Sie werden von den Fischen in den grossen See gesetzt, wo sie rasch zu bedeutender Grösse anwachsen.

Die Mehrzahl der Süsswasserseen steht im Zusammenhang mit dem hydrographischen Systeme der Flüsse; nur in den wenigen abflusslosen Gebieten der Erde haben die Seen eine grössere Selbstständigkeit.

Unter diesen Umständen ist es begreiflich, dass die Fauna vieler Seen ursächlich bestimmt wird von den Wasserläufen, zu denen sie gehören. Die Verbreitung²⁾ der Fischarten lässt geradezu Schlüsse ziehen auf Wasserverbindungen in prähistorischer Zeit. Die Analogie der Fischfauna in der Donau mit der in den Zuflüssen des Schwarzen und Kaspischen Meeres, das Fehlen des Zander und des Wels in den Flüssen des westlichen Europa (Elbe, Enns, Rhein etc.), das Fehlen des *Barbus fluviatilis* in den Küstenflüssen von Pommern und Dänemark, die Uebereinstimmung der Fischfauna des Mississippi mit der in den grossen Seen und dem St. Lorenzstrom, das Fehlen des *Blain Bass* in den atlantischen Flüssen südlich von St. Lorenz, und nördlich vom Roanok River in Nordkarolina, die eigenthümliche Fischfauna der pazifischen Ströme, alles zeigt uns Begrenzungen von Wassergebieten, welche während sehr langer Zeiträume bestanden haben müssen.

Ein Flusssystem wird in seinen Eigenschaften durchaus bestimmt von der Lage und Beschaffenheit der Wasserscheiden. Jede geologische Veränderung im Relief eines Landes beeinflusst die Wasserscheiden,

1) V. FRANTZIUS, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1851, S. 336.

2) M. VON DEM BORNE, Brief vom Nov. 1891.

und jede Veränderung im hydrostatischen Niveau eines Gebietes wirkt ebenfalls verändernd auf die Richtung und Länge der Flüsse ein.

Da nun die meisten Seen mehr oder minder eng mit den Flusssystemen zusammenhängen, da man die „Seenreihe“ geradezu als ein ursprüngliches Stadium der Flussentwicklung betrachtet hat, so ist es verständlich, dass in der Verschiebung¹⁾ der Wasserscheiden der Grund gelegen ist für eine Reihe von unerwarteten Erscheinungen in der Vertheilung der Süßwasserthiere.

1) SUESS, Verh. k. k. geol. R. A. 1880, S. 177.

15. Das offene Meer.

Bei allen bisher besprochenen Lebensbezirken hatten wir darauf hinzuweisen, wie sehr die Fauna und Flora derselben durch die Facies des Meeresbodens beeinflusst wird. Das offene Meer ist unabhängig davon und die Organismenwelt desselben zeigt keine Charaktere, welche Anpassungen an benthonische Verhältnisse erkennen liessen. Auf dem Festland finden wir zwar in den Vögeln und Insekten Thierformen, deren Leben sich grösstentheils im Luftmeer abspielt, und manche derselben berühren nur selten den Boden. Aber diese Thiertypen sind nicht im Stande uns ein richtiges Bild zu geben von der Lebensweise des marinen Plankton und Nekton. Infolge des höheren spezifischen Gewichtes des Meerwassers schweben die planktonischen Wesen und die nektonischen Formen beständig im Wasser, und viele derselben sinken erst als Leichen zum Meeresgrunde nieder.

Die Lebensbedingungen des offenen Meeres zeigen also weder facielle Unterschiede, noch lassen sie Veränderungen im Salzgehalt des Wassers erkennen. Nirgends tritt leichteres Süsswasser in das offene Meer, nirgends wird das spezifische Gewicht durch Flusswasser vermindert oder durch Verdunstung erhöht. Die Klarheit des Wassers wird durch keinen Schlamm getrübt, und keine topographischen Schranken treten der Verbreitung der Organismen hindernd entgegen.

Reines, salzreiches Seewasser umgibt allseitig die Flora und Fauna, welche das offene Meer bewohnt, und diese Existenzbedingungen sind über das ganze Weltmeer überall gleichmässig verbreitet, so dass der unveränderliche Charakter derselben die kosmopolitische Verbreitung vieler Bewohner des offenen Meeres leicht erklärt.

Mit Rücksicht auf die Durchlichtung des Wassers zerfällt das offene Meer überall in zwei Regionen. Die diaphane Region reicht von der Oberfläche bis etwa 400 m Tiefe. Dann folgt das aphotische Gebiet. Aus Gründen, die wir früher besprochen haben, ist die diaphane Region das Gebiet des Pflanzenlebens. Allein, während Flachsee und Tiefsee durch den Besitz oder das Fehlen benthonischer Pflanzen scharf voneinander getrennt werden können, ist im offenen Meer die Assimilationsgrenze der planktonischen Pflanzen nicht zu gleicher Zeit die wirkliche Verbreitungsgrenze. Denn alle Planktonpflanzen, welche in der diaphanen Region Reservestoffe angesammelt haben, können auf Kosten derselben eine beträchtliche Zeit auch in

dem aphotischen Gebiet leben und wachsen. Infolgedessen hört das planktonische Pflanzenleben im offenen Meere nach der Tiefe zu nicht so plötzlich auf, wie die benthonische Flora der Flachsee, und der Fund von lebenden *Halosphaera*algen in 2000 m ist ein solches Beispiel der Ueberschreitung der Assimilationstiefe.

Wechselnd ist zweitens im offenen Meere die Temperatur des Wassers. Da nur die Sonnenwärme im Stande ist, das Meer vor dem Zufrieren zu bewahren, so ist die Insolation nach der geographischen Breite ein Regulativ für die Vertheilung der Organismen. In verschiedenen Breiten ist die Temperatur des Wassers eine verschiedene, und da wir früher die Minimaltemperaturen als maassgebend in der Vertheilung mariner Lebewesen nachweisen konnten, so regulirt der Verlauf der Isokrymen die horizontale Verbreitung vieler Bewohner des offenen Meeres. Die Isokrymen und Isothermen des Meeres werden aber, wie wir früher gesehen haben, durch die Meeresströmungen sehr wesentlich beeinflusst; und daher kommt es, dass auf der gleichen geographischen Breite die Flora und Fauna zweier offener Meere sehr verschieden sein kann, dass sogar die beiden Seiten desselben Ozeans ganz verschiedene Organismen beherbergen. Es mag in dieser Hinsicht bemerkt werden, dass auf beiden Halbkugeln zwischen 10° und 50° Br. links warme Strömungen nach dem Pole zu verlaufen, während rechts kühlere Strömungen nach dem Aequator hinfließen.

Als dritten bionomischen Faktor in der Vertheilung der Organismen des offenen Meeres, müssen wir die Bewegung des Wassers betrachten. Da die meisten derselben keine Bewegungsorgane haben, welche sie in den Stand setzen, aktiv weite Strecken zurückzulegen, so werden sie durch Wind und Wellen, und durch jede strömende Bewegung des Wassers willenlos mit fortgetrieben. Ihre geographische Verbreitung ist infolgedessen abhängig von den Bewegungsformen ihres Lebenselementes. Die Meeresströmungen sind Gebiete, in welchen das Wasser sich horizontal mit merkbarer Geschwindigkeit bewegt. Da sich die Meeresströmungen in der Regel auch durch eine andere Temperatur von dem umgebenden Meerwasser unterscheiden, so sind sie wichtige Faktoren in der Verbreitung des Plankton.

Normaler Weise bilden die Meeresströmungen in sich geschlossene Stromkreise, deren einer zwischen 0 und 10° Br., ein zweiter zwischen 10° und 50°, ein dritter zwischen 50° und 80° beiderseits vom Aequator gelegen ist. Bemerkenswerth ist es, dass auf den Meridianen die Strömungen nur längs der Küsten verlaufen, während sie auf Breitengraden auch die Hochsee durchschneiden.

Zwischen diesen Stromkreisen liegen normaler Weise 6 Stromstillen oder Halistascen. Hier häufen sich alle planktonischen Wesen an, welche eine zähe Lebensenergie besitzen; und die bekannten Sargassomeere sind interessante Beispiele dafür.

Der Reichthum des offenen Meeres an schwimmenden und treibenden Wesen, an Nekton und Plankton, nimmt im Allgemeinen von der Küste meerrwärts ab, weil im Gebiet der Flachsee zu den echten Bewohnern des offenen Meeres alle diejenigen Pflaunz und Thiere hinzukommen, welche einen Theil ihres Lebens benthonisch, einen anderen Theil planktonisch zubringen. Mit HAECKEL unterscheiden wir die Thiere und Pflanzen, welche ihr ganzes Leben freischwebend

im Meere verbringen, als holoplanktonisch, von denjenigen Formen, welche sich entweder aus benthonischen Jugendstadien entwickeln oder im ausgewachsenen Zustand zum Benthos gehören, und die man meroplanktonisch nennt. Auf Grund dieser Unterschiede besteht die Lebewelt der Hochsee nur aus Holoplankton, während die litoralen Uebergangsgebiete des offenen Meeres Holoplankton und Meroplankton enthalten, und infolgedessen reicher an Leben sind.

Betrachten wir zuerst die Flora des offenen Meeres, so begegnen uns vorwiegend holoplanktonische Formen. Die Schwärmsporen benthonischer Algen spielen eine untergeordnete Rolle und die abgerissenen Sargassobüschel, welche in den Halistasen so zahlreich sind, können wir als Pseudoplankton bezeichnen.

Alle eigentlichen Hochseepflanzen¹⁾ gehören in das Reich der kleinsten Lebewesen, die meisten sind nur dann dem blossen Auge sichtbar, wenn sie in grösseren Massen auftreten.

Für den Stoffwechsel des Meeres²⁾ ist aber diese Planktonflora von der allergrössten Bedeutung, denn sie liefert den weitaus grössten Theil der „Urnahrung“. Die ungeheuren Massen von Nahrung, welche die unzähligen Schaaeren der schwimmenden und festsitzenden Meeresthiere alltäglich verzehren, stammen direkt oder indirekt von der planktonischen Flora her.

Obwohl die Pflanzen der Hochsee früher nur wenig untersucht worden sind, können wir doch folgende Typen bei ihnen unterscheiden:

1) Die Chromaceen sind überaus kleine einzellige Algen von 0,001—0,012 mm Durchmesser. Dieselben leben in kälteren Meeren in ungeheuren Mengen und färben das Meer oft auf weite Strecken braun oder grün. Sie bilden die Hauptnahrung der arktischen Copepoden.

Auf der Planktonexpedition wurden sie nicht in grösseren Mengen gefangen und in den mittleren Breiten des Atlantik ziehen sie Süswasser und Brackwasser vor.

2) Die Calcocyten sind kleine Protoplasten, deren Oberfläche bei *Coccosphaera* mit kleinen ovalen Kalkplättchen bedeckt ist, die als Coccolithen bekannt sind, während *Rhabdosphaera* zierliche Radialstäbe trägt, die isolirt als Rhabdolithen beschrieben werden.

Ihre³⁾ konstante Anwesenheit im Oberflächennetz und im Magen von Oberflächenthieren beweist zur Genüge, dass sie an der Oberfläche und in tieferen Wasserschichten leben.

Die systematische Stellung⁴⁾ dieser kleinen Gebilde war lange Zeit in Dunkel gehüllt, bis man sie als pelagische Algen erkannte. Das Innere der Kugel ist von einer durchsichtigen Eiweissmasse erfüllt, in welcher man keinen Kern entdecken konnte. Wenn man die Kalkstäbchen und Kalkscheibchen mit Säure auflöst, so bleibt eine kleine gelatinöse Kugel zurück, an deren Aussenfläche die Coccolithen und Rhabdolithen eingefügt waren. Rhabdosphären sind besonders in äquatorialen und tropischen Regionen verbreitet und finden sich selten

1) SCHUETT, Pflanzenleben der Hochsee. Planktonexpedition I, S. 244 f.

2) HAECKEL, Planktonstudien. Jena 1890, S. 26 f.

3) W. THOMSON, The Atlantic I, S. 221.

4) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 257.

in Gewässern, deren Oberflächentemperatur unter 20°C . sinkt. Dagegen sind Coccosphären wohl auch in warmen Gewässern verbreitet, doch reichen sie nach Norden und Süden soweit als die Oberflächentemperatur 8°C . besitzt, und haben ihre grösste Verbreitung in der gemässigten Zone.

Sie sind selten, oder fehlen in Küstengewässern, die von einmündenden Flüssen bespült werden, und gedeihen am besten in den Strömungen des offenen Ozeans. In den Eismeen werden sie ersetzt durch ähnliche kleine Algen, welche aber keine Kalkgebilde ausscheiden.

So sind also Coccosphären und Rhabdosphären in allen Oberflächenwassern der tropischen und gemässigten Zone zu finden, und zwar gewöhnlich eingehüllt in die gelatinöse Substanz von Radiolarien, Diatomeen und Foraminiferen, selten nur vermisst man sie in den Eingeweidn von Salpen, Pteropoden und anderen pelagischen Thieren.

Rhabdolithen und Coccolithen, die abgebrochenen Skelette der Rhabdosphären und Coccosphären spielen eine überaus wichtige Rolle in allen Tiefseeeablagerungen mit Ausnahme der polaren und subpolaren Gegenden. In terrigenen Sedimenten sind sie viel weniger häufig als in pelagischen Absätzen; in gewissen Blauschlammen fehlen sie oft, während sie in Globigerinen- und Pteropodenschlick einen grossen Theil des Kalksedimentes zusammensetzen. Vollständige Rhabdosphären findet man darin nie, denn sie zerbrechen leicht in Rhabdolithen, welche zeitweise überaus häufig sind. Coccosphären findet man in beträchtlicher Zahl in den Sedimenten der gemässigten Zone in geringer Tiefe, während sie in tropischen Regionen seltener sind, wo die Kugeln in Coccolithen zerfallen. Im rothen Thon und in Radiolarienschlick fehlen sie ebenso wie alle übrigen Kalkreste. Bemerkenswerth ist es, dass die Planktonexpedition nach dem Vorbericht von SCHUERT diese Calcoocyten nie gefunden hat. Es ist dieses zeitweise Fehlen derselben im Atlantik von ganz besonderem Interesse, denn es beweist, wie sehr das pelagische Plankton nach Zeit und Ort verschieden über die Meeresräume vertheilt ist.

3) Die *Murraeyteen* sind einzellige Algen von $0,5$ — $1,5$ mm Durchmesser, umgeben von einer glashellen Cellulosehülle. Ihre Form ähnelt bald einer Kugel, bald einer Spindel, oder einem Halbmond. *Pyrocystis* ist an der Oberfläche des tropischen und subtropischen Ozeans vom CHALLENGER oft in enormen Massen überall da angetroffen worden, wo die Temperatur mehr als 20°C . beträgt und das spezifische Gewicht des Wassers nicht durch Flüsse vermindert war. *Pyrocystis* ist eine der Hauptquellen des Meerleuchtens im äquatorialen Ozean.

Die Planktonexpedition fand sie überall im warmen Wasser verstreut, nirgends jedoch in grossen Zahlen. Am stärksten war der Floridastrom mit 50 000 Exemplaren auf 1 □ Mle. bevölkert, während die drei südlichen Ströme 430—1400 Stück auf die □ Mle. ergaben.

4) Die Diatomeen leben in süssem, brackischem und salzigem Wasser. Man kann benthonische von planktonischen Formen leicht unterscheiden. Im Meer sind die benthonischen Diatomeen natürlich an die Küste gebunden. Sie scheinen hier weniger den eigentlichen Meeresboden zu überziehen, als vielmehr ihren Stützpunkt an Seegras und Algen zu finden, auf denen sie bisweilen dichte braune, schlammige Ueberzüge bilden. Wie die benthonischen Meerespflanzen überhaupt,

finden sie mit zunehmender Tiefe bald die Grenze ihrer Verbreitung, während die Plankton-Diatomeen das offene Meer in ungeheuren Scharen bevölkern und die oberen Wasserschichten beleben.

Die Benthosdiatomeen besitzen meist auf ihrer Schale eine verdickte „Naht“, durch welche das Protoplasma austreten kann. Mit Hilfe dieses Protoplasmasaumes, bezw. mit dem davon ausgeschiedenen Schleim bewegen sich diese Formen kriechend auf ihrem Substrat.

Die Planktondiatomeen schweben frei im Wasser, infolgedessen sind die meisten hierhergehörigen Formen nahtlos.

Diatomeen¹⁾ findet man überall an der Oberfläche und in den geringeren Wassertiefen. Es ist selten, vielleicht unmöglich, mit einem feinen Netz durch das Wasser zu streifen, ohne eine Anzahl dieser kleinen Pflanzen zu fangen. Eine beträchtliche Anzahl festsitzender Formen werden durch Flüsse vom Land in das Meer geführt und in allen geringen Tiefen auch gefunden, aber die Arten, welche eine so wichtige Rolle in Tiefseeablagerungen spielen, sind freischwimmend und pelagisch. Bisweilen treten sie nahe der Meeresoberfläche in enormer Zahl auf, in grossen schwimmenden Bänken, welche mehrere Kilometer lang und mehrere Meter tief sind. Wenn man ein feines Netz durch solche Bänke zieht, so wird es erfüllt von einer braunen schlammigen und filzigen Masse, die hauptsächlich aus Diatomeen besteht. Solche Bänke findet man in den Tropen des Nachts an der Oberfläche, während sie am Tage in einer Tiefe von 28–30 m schweben. Der CHALLENGER beobachtete sie im Südlichen Eismeer, in der Sulussee, Arafurasee, an der Küste von Nordamerika, und bei den Shetlandinseln.

Die getrocknete Masse solcher Diatomeenbänke gab nach ANDERSON:

Kieselsäure	77,00
Thonerde	1,38
Organische Substanz . . .	16,75
Wasser	4,87
	100,00

Die Ausgestaltung der Diatomeenschale für das Planktonleben ist bei verschiedenen Gruppen sehr verschieden ausgefallen, doch erhöhen alle diese Anpassungen das Schwebevermögen der Diatomeen im Wasser.

Gegenüber den kompakten Benthosformen ist bei *Coscinodiscus* und *Antelminella* das Zellvolumen trommelartig sehr vergrössert. *Pyxilla* und *Dactyliosolen*, sowie *Rhizosolenia* sind walzenförmig gestreckt.

Synedra besitzt lange fadenförmige Anhänge, *Chaetoceras* und *Bactiastrum* hat lange Hörner, *Gosslerella* und *Planktoniella* sind Scheiben, deren Rand mit zierlichen Kieselgebilden umgeben sind.

Um beim Bau der Schale die beschwerende Kieselsäure zu sparen, besteht die Membran vielfach aus einer dünnen Haut, auf welcher Verdickungsleisten ein zierliches Gitter bilden. Im Allgemeinen sind die planktonischen Diatomeen viel zarter als die benthonischen Formen.

1) Chall. Deep Sea Deposits, S. 281.

Die grössten Formen fand man im tropischen oder subtropischen Oberflächenwasser, doch sind hier ihre Gehäuse dünner; am zahlreichsten treten sie aber auf in den brackischen oder salzarmen Gewässern der Küstengebiete und der Polarmeere. Hier sind sie so häufig, dass sie oftmals das ganze Wasser dunkelgrün färben. Die warmen¹⁾ salzreichen Meeresgebiete bilden unübersteigliche Schranken für die Diatomeenflora, so dass man trotz ihrer leichten Transportfähigkeit eine Flora des Antarktik nicht mit einer aus dem Arktik, oder die Flora des Mittelmeeres nicht mit der des Indik wird wechseln können.

5) Die Xanthellen sind gelbe Algen, welche, wie wir schon S. 6 beschrieben haben, in den Geweben mariner Thiere leben und assimiliren. Sie besitzen ein Schwärmstadium, in dem der Körper eiförmige Gestalt annimmt und sich mit Hilfe von zwei Geißeln bewegt. Sie kommen mit den Radiolarien weiterverbreitet im Meere vor.

6) Die Dictyochen, die früher für Radiolarien gehalten wurden, bestehen aus einer gelben Zelle, welche von 2 zierlichen Gitterhalbkugeln umschlossen wird und die sich mit Hilfe eines Geißelfadens frei im Meere bewegt. Sie sind vorwiegend Kaltwasserformen. Von *Dictyocha stapedia* und *D. speculum* wurden in der Irmingensee 140 000 Stück unter einem □ m gefunden. Im warmen Wasser des Floridastrones und der Sargassosee blieb ihre Zahl meist unter 10 000, im Nordäquatorialstrom, dem Guineaström und dem Südäquatorialstrom stieg sie sogar wenig über 1000. Da die Netze die kleinen Dictyochen leicht durchlassen, so können die genannten Zahlen nur als Minimalzahlen gelten.

7) Die Peridineen sind zierliche Planktonwesen, welche meist gelbes Chromophyll besitzen, während gewisse Formen farblos sind und daher wahrscheinlich nicht assimiliren können. Der Körper ist bedeckt mit einzelnen Celluloseplatten, die durch Furchen voneinander getrennt werden können. Zwei Geißelhaare vermitteln die Bewegung im Wasser. In ihrer Verbreitung zeigt sich ein deutlich ausgesprochener Gegensatz zwischen warmen und kalten Gewässern. Der Individuenreichtum ist am bedeutensten in der Nordsee, Ostsee und im Nordatlantik, dagegen ist die Vielgestaltigkeit der Formen in den tropischen Meeren bemerkenswerth. *Phalacroma* ist zwar auch im warmen Wasser formbeständig, dagegen die Gattung *Ceratium* in den Tropen eine erstaunliche Variabilität zeigt.

Während die nordischen Formen eine verhältnissmässig kompakte Gestalt besitzen, bilden sich bei *Ceratium*, *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Ceratocorys* Stacheln, Platten, Ringe, Flügel, Segel aus, die das Schwebevermögen erhöhen und auch als Bewaffnung dienen mögen.

MURRAY fand Ketten von *Ceratium tripus* zahlreich im offenen Meer, während die Einzelformen mehr nahe den Küsten auftreten.

8) Die Halosphaeren sind grüne Hohlkugeln von 0,5—1,2 mm Durchmesser, welche im Mittelmeer und im warmen Wasser des Atlantik recht verbreitet sind. Lebenskräftige Exemplare fand man sogar noch zwischen 1000—2200 m tief.

1) CASTRACANE, Chall. Rep. Botanic II, S. 9.

9) Die Oszillatorien sind unverzweigte gelbe oder rothe Zellreihen, welche in wärmeren Meeren in ungeheuren Massen auftreten. In der Sargassosee wurden unter 1 □ m Oberfläche 746 000 Zellfäden beobachtet; *Trichodesmium erythracum*, welches von HAECKEL und MURRAY in grossen Schwärmen im Indik und Pazifik konstatiert wurde, konnte von der Planktonexpedition auf der eigentlichen Hochsee des Atlantik im Sommer 1890 nicht beobachtet werden, dafür fand man hier *Heliothrichum* und *Xanthotrichum* weit verbreitet. Auch aus dieser Thatsache geht hervor, dass die Verbreitung der Planktonpflanzen zeitlich und räumlich grossen Verschiedenheiten unterworfen ist.

10) *Sargassum* entwickelt sich benthonisch an den Westindischen Küsten und besonders den Bahamabänken, wird durch Stürme losgerissen und treibt mit den Meereströmungen lange umher, bis es sich in den Halistasen anhäuft. Man darf es daher wohl als Pseudoplankton bezeichnen. Das Golfkraut treibt fast immer in langen Streifen, die meist 60 m voneinander entfernt sind, und die sich immer parallel zur Windrichtung halten. Die Büschel sind theilweise noch im Wachsen begriffen, obwohl Fruktifikationen nicht beobachtet wurden.

Die zwischen dem Golfkraut lebende mikroskopische Planktonflora ist viel zahlreicher als die Masse des ersten.

Sehr reich ist auch die in den *Sargassum*halistasen auftretende Thierwelt. FISCHER¹⁾ zählt folgende Mollusken auf:

<i>Doto pygmaea</i>	<i>Corambe sargassicola</i>
<i>Aeolis pumilio</i>	<i>Helcion pellucidum</i>
— <i>sargassicola</i>	— <i>tella</i>
<i>Fiona atlantica</i>	<i>Lepeta caeca</i>
<i>Scyllaea pelagica</i>	<i>Aclisia citrina</i>
<i>Glaucus atlanticus</i>	<i>Litiopa melanostoma</i>
— <i>gracilis</i>	— <i>striata</i> .
<i>Phylliroe atlantica</i>	

Auf den vielfach zerschlitzten gelben Tangen beobachtet man²⁾ *Lepas*, *Idotea*, *Palaeomon*, *Nautilograpsus*, *Patina patella*, *Patina pellucida*, *Lepeta caeca*, *Janthina rotundata*, *Litiopa melanostoma*, *Phylliroe*, *Scyllaea*, *Aeolidella*, *Spurilla*, *Fiona*, *Cuthona*, *Glaucus*, *Dota*, *Crescis spinifera*, *Onychia*, *Membranipora tuberculata*, *Flustra membranacea*, *F. tuberculata*, *F. peregrina*, *Antennarius*, *Dactylopterus*, *Syngnathus*.

Die Krebse, Mollusken und Fische sind meist von gelber Farbe und an ihre Unterlage gut angepasst.

Auf Grund erneuter Untersuchungen hat KRUEMMEL³⁾ die Grenzen der durch *Sargassum* ausgezeichneten Halistase im Nordatlantik, welche als „Sargassomeer“ zu übertriebenen Schilderungen Veranlassung gegeben hatte, genauer bestimmt.

Mit Rücksicht auf die Flora des Meeres zeigt SCHUETT, dass sich ein Strom von benthonischen Pflanzen beständig in das offene Meer ergiesst und sich hier mit der Planktonflora mischt. Die Hoch-

1) P. FISCHER, *Man. de Conchiliologie* I, S. 149.

2) CHALLENGER, *Narrative* I, S. 136.

3) KRUEMMEL, *Petermann's Mitth.* 1891.

see ist für solche Küstenformen ein stets geöffnetes Grab, in das sie willenlos hineingetrieben werden, während die eigentliche Flora der Hochsee sich dort vermehrt und dadurch sich im Uebergewicht erhält.

Das reine Blau des Seewassers ist die Wüstenfarbe der Hochsee, das Grün der Flachsee und Polargewässer ist den Wiesen und Steppen zu vergleichen, während das Gelb der seichten Ostseefluthen als die Farbe üppigster Planktonvegetation zu bezeichnen sein dürfte.

Wenden wir uns jetzt der Fauna des offenen Meeres zu, so müssen wir hier Nekton und Plankton scharf voneinander unterscheiden, obwohl naturgemäss dieselbe Form in einer Halistase nektonisch leben kann, welche in einer starken Strömung willenlos dahintreibt.

Das eigentliche Nekton umfasst wesentlich Wirbelthiere, unter denen folgende Typen die Hochsee der Gegenwart bewohnen:

Die Wale leben beständig im offenen Ozean. Hier finden die Zahnwale die ihnen als Nahrung dienenden Fische, während die Bartenwale sich von niederen Plankthieren, besonders Copepoden und Pteropoden nähren.

Von Reptilien gehören erstens die Seeschlangen dem marinen Nekton an. In der Nähe der indischen Küsten sieht man Hunderte der über meterlangen giftigen Thiere träge im Wasser schwimmen; andere halten sich mit Vorliebe in den Höhlungen der Korallenriffe versteckt.

Die Seeschildkröten¹⁾ sind gut an das Wasserleben angepasst; indem ihr grosser breiter Körper dasselbe spez. Gewicht hat wie das umgebende Wasser. Sie gehen nie ans Land, ausgenommen beim Eierlegen, und dann sind ihre Bewegungen träge und langsam. Sie leben meist in tropischen Meeren. *Thalassochelys caretta* lebt von Krabben, Mollusken, Fischen und frisst besonders gern grosse *Strombus*, welche sie mit ihren kräftigen Kiefern zerbricht. *Eretmochelys imbricata* lebt von *Verella*. Auf Keelings Atoll leben Schildkröten von Seegrass und *Chelonia mydas* frisst mit Vorliebe *Zostera marina*, geht bisweilen in Ströme hinein und scheint zu gewissen Zeiten des Süsswassers zu bedürfen.

Ungemein zahlreich sind die nektonischen Fische, welche einzelt oder in dichtgedrängten Schwärmen den Ozean in allen seinen Tiefen bewohnen.

Endlich müssen wir die *Loligo* unter den Cephalopoden als nektonische Formen beanspruchen, während die meisten anderen Gattungen zum Benthos gehören und auch die Ammoniten, wie wir später sehen werden, wahrscheinlich als benthonische Thiere betrachtet werden müssen.

Viel zahl- und formenreicher ist das animale Plankton des Meeres. Während zahlreiche Organismen ihr ganzes Leben im Meere schwebend zubringen und ihren vollständigen Entwicklungsgang in demselben durchlaufen, ist das bei anderen nicht der Fall, vielmehr bringen diese einen Theil ihres Lebens im Benthos zu, entweder vagil oder sessil. Diese Formen nannten wir meroplanktonisch. Hierzu

1) U. S. Comm. of Fisheries I, S. 147.
CHALLENGER, Narrative I, S. 169.
DARWIN, Korallenriffe S. 14.

gehören diejenigen Medusen, welche sich aus Hydroid- oder Scyphostomypolypen entwickeln, viele Spongien, Korallen, fast alle Echinodermen, viele Würmer, viele Krebse, besonders die Cirripeden, viele Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, viele Bryozoen und Brachiopoden, und endlich viele benthonische Fische, deren Jugendformen zum Plankton gehören. Alle diese planktonischen Larven besitzen eine Organisation, welche übereinstimmt mit den Struktureigenthümlichkeiten der holoplanktonischen Fauna.

Charakteristisch für diese planktonischen Thiere¹⁾ ist die krystallklare Durchsichtigkeit ihres Körpers. So vollkommen ist diese Transparenz, dass viele unter ihnen, so lange sie frei im Wasser schwimmen, gar nicht zu sehen sind und selbst, in einem Glasgefäss schwimmend, nur schwer erkannt werden. Haut, Nerven, Muskeln und andere Organe sind glashell durchsichtig, und nur die Leber und der Darminhalt erscheinen gelb oder braun gefärbt, und gleichen einem Stück schwimmenden Seetangs.

Gewisse Plankthiere sind blau gefärbt und gleichen der Farbe der Wellen, so z. B. *Minyas coerulus*, *Veella*, *Porpita*, *Physalia*, *Glaucus*, *Janthina*, welche sämmtlich, an der Meeresfläche schwimmend, theilweise aus dem Wasser hervorragen. Sie scheinen durch die blaue Farbe gegen die Gefrässigkeit der Seevögel geschützt zu sein, obwohl *Veella* im Magen einer jungen Seeschildkröte und von Albattrossen in Menge gefunden wurde. Untereinander scheinen diese Thiere heftig ums Dasein zu kämpfen, denn *Glaucus* und *Janthina* fressen *Veella*.

Einige wenige pelagische Thiere sind brillant gefärbt und glänzen in metallischem Schimmer, so die Männchen von *Saphirina*. Nach STUDER²⁾ ist das Tagesplankton blau oder violett, das Nachtplankton aber roth gefärbt. Bemerkenswerth ist es, dass viele pelagische Thiere entweder keine oder sehr grosse Augen haben. Solches mag damit zusammenhängen, dass die meisten Plankthiere schwaches Licht lieben und sich am Tage in dunkleren Meerestiefen aufhalten. Dagegen beobachtet man Radiolarien im vollen Sonnenschein; ebenso *Veella*, *Janthina*, *Eucharis*, *Coryphaena*. Wind und Sturm treiben alle planktonischen Thiere, welche hinabsinken können, in tiefere Wasserschichten, während in milden Nächten die ganze Meeresoberfläche von Thieren wimmelt.

Undurchsichtige Gehäuse fehlen den Plankthieren, nur die kleinen Foraminiferen besitzen kalkige, die Radiolarien kieselige Hüllen, welche aber so zart sind, dass sie das Licht ungehindert passiren lassen.

Die dünne, leicht zerbrechliche Schale von *Janthina* und die rudimentäre Schale von *Carinaria* zeigen, dass massive Gehäuse den freischwimmenden Meeresthieren nur hinderlich sind. Es mag daher auch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Organisation der Ammonitenschalen direkt gegen ein planktonisches oder nektonisches Leben spricht.

Die Plankthiere sind trotz ihres wasserreichen, leicht zerstör-

1) MOSELEY, Nature, Oct. 5 1882, S. 560.

2) STUDER, Gazette III, S. 293.

baren Körpers schlimme Räuber. Die Gefrässigkeit der so harmlos ausschenden Medusen, Ctenophoren, Cephalopoden ist enorm. Die Cölenteraten betäuben durch ihre Nesselorgane jedes Thier, das sie berühren, und oft findet man grosse Fische, die mit einem einzigen Schlag das Gewebe der Meduse zerreißen könnten, gelähmt und halbverdaut im Gastrovascularraume derselben. *Beroë* verzehrt andere Ctenophoren, welche oft viel grösser sind als sie selbst.

Das Plankton ist überaus empfindlich gegen eine Verminderung des Salzgehaltes, doch lieben *Aurelia* und *Cyanea* gerade das brackische Wasser und steigen weit in die Aestuarien hinein.

Die Planktonthiere besitzen oftmals bestimmte Locomotionsorgane. Die Medusen schwimmen durch rhythmische Kontraktionen der Randmuskeln, die Ctenophoren durch die Flimmerbewegung der Wimperreihen, die Siphonophoren durch Zusammenziehung von besonderen Schwimmglocken. *Sagitta* kann blitzschnell durch das Wasser springen, die Pteropoden schlagen mit ihren Flossen, die Cephalopoden stossen Wasser aus ihrem Mantel aus, die Krebse bewegen sich mit Hilfe ihrer Schwimmfüsse. Aber bei der Kleinheit der meisten Formen gegenüber der Intensität der strömenden Meerwasser spielen diese aktiven Bewegungsorgane für die geographische Vertheilung nur eine untergeordnete Rolle. Dagegen sind häufig hydrostatische Organe ausgebildet, welche die Planktonthiere befähigen, in einer bestimmten Orientirung passiv im Wasser zu schwimmen. Schon das spezifische Gewicht ihres Körpers ist fast ebenso leicht wie das des umgebenden Seewassers, und manche¹⁾ verringern ihr spezifisches Gewicht so bedeutend, dass sie leichter sind als Seewasser und auf der Oberfläche flottiren. Die Eier von *Platessa vulgaris*²⁾ schwimmen, solange der Salzgehalt des Wassers mehr als 1,78 ‰ beträgt.

Von den Mitteln, die zur Herabsetzung des spezifischen Gewichtes angewandt werden, sind folgende die wichtigsten:

- 1) Ausbildung von Gallertsubstanz durch wässrige Aufquellung vieler oder aller Gewebe;
- 2) Ausscheidung von Gas in besondere Behälter;
- 3) reichliche Ausbildung von Fett;
- 4) bedeutende Oberflächenvergrösserung zur Erhöhung des Reibungswiderstandes.

Entweder wird dies durch mehr oder minder reichliche Ausbildung eines Skelettes erreicht, wie bei Radiolarien, Globigerinen, Krebsen, oder dadurch, dass der Körper platt, scheibenförmig oder stabförmig wird. Scheibenförmig sind manche Diatomeen, Radiolarien, craspedote Medusen, von Krebsen *Saphirina* und *Phyllosoma*, Strudelwürmer, *Phylliroh*. Mehr glockenförmig sind die Quallen. Stabförmig sind die Diatomeen, *Synedra*, *Rhizosolenia*, Radiolarien (*Amphilonche*), *Sagitta*, *Alciops*, *Rhabdosoma*, Heteropoden, Cephalopoden, Salpen, Fische. Durch die obengenannten hydrostatischen Einrichtungen sind die meisten Planktonthiere im Stande, vertikal auf und ab zu schweben.

Während man in tropischen Meeren am Tage gewöhnlich nur

1) BRANDT, Anpassungerssch. und Art der Verbreitung von Hochseethieren. Erg. d. Plankton-Expedition I A, S. 3 f.

2) HENSEN, Die Planktonexpedition I, S. 4.

wenige Plankthontiere beobachtet, ist man überrascht durch die reiche Fauna, welche während mondloser Nächte die Meeresfläche belebt. STUDER¹⁾ beobachtete: *Pyrosoma*, ausschend wie weissglühende Metallcylinder, schwammen in Menge an der Oberfläche. Sie verschwanden, sobald der Mond die Nacht erhellte, und als er aufging, waren alle weg. Das Sinken und Steigen muss sehr rasch vor sich gehen. Ging der Mond während der Nacht unter, so erschienen sie sofort, um mit beginnender Dämmerung wieder unterzusinken.

Nach D'ORBIGNY²⁾ kommen die Pteropoden gegen Abend aus der dunkeln Meerestiefe zur Oberfläche herauf. Gegen 5 Uhr kommen mehrere Arten von *Hyalaca*, später *Cleodora* und *Atlanta*. Grössere Arten wie *Hyalaca balantium* kommen erst in tiefer Nacht herauf. Die kleineren Arten steigen zuerst wieder hinab, und um Mitternacht kann man nur noch vereinzelte Nachzügler fangen.

Die Arbeiten des CHALLENGER³⁾ im Südatlantik ergaben das wichtige Resultat, dass die Oberflächenthierwelt sich während des Tages 90—180 m tiefer aufhalten, als während der Nacht. CHUN⁴⁾ zeigte dann später, dass auch die Jahreszeiten einen Einfluss auf die Tiefe ausüben, in welcher das Plankton schwebt. Der Wechsel des Lichtes und der Temperatur bedingt die vertikalen Wanderungen. Nur wenige pelagische Thiere vermögen die hohe Temperatur des Oberflächenwassers während des Sommers (oder in den Tropen während des Tages) zu ertragen. Die meisten entziehen sich der Einwirkung derselben durch Niedersinken, und endlich existiren ganze Gruppen, welche ihr Leben in den kühlen, tiefen Regionen verbringen, ohne je an die Oberfläche aufzusteigen. Aber noch aus anderen Gründen ist diese periodische Wanderung von Nutzen für das Plankton. Die pelagische Fauna⁵⁾ entzieht sich durch ihre vertikalen Wanderungen leichter ihren Feinden und findet in den verschiedenen Wassertiefen leichter ihre Nahrung. Nachts treibt sie der Landwind seewärts, tags entgehen sie dem Seewind und werden dadurch mehr und mehr in das offene Meer getrieben und den dortigen Verhältnissen immer mehr angepasst.

Wie sehr die pelagische Thierwelt an solchen vertikalen Wanderungen festhält, bezeugt folgende Beobachtung⁶⁾ von A. WALTER:

Die pelagische Thierwelt des spitzbergischen Eismeeres theilt sich in zwei Gruppen. Manche Arten sind in allen Tiefen und zu jeder Tageszeit zu finden; es sind das fraglos im gesammten Eismeere gleichmässig vertheilte, gegen die vorkommenden Unterschiede der Temperatur in verschiedenen Stromadern gleichgiltig gewordene, lange schon in den höchsten Breiten völlig heimische und allen dortigen Lebensbedingungen vollständig angepasste Formen. So z. B. *Cydippe*, *Beroë*, *Sagitta*, *Chio borealis*, *Limacina arctica*, *Calanus finmarchicus*, *Gammarus locusta*.

Die zweite Gruppe besteht aus Formen, die bislang nur der

1) Gazelle I, S. 256.

2) JOHNSTON, Konchyliologie, S. 113.

3) V. WILLEMOER-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1874, S. XI.

4) CHUN, Die pelagische Thierwelt 1888, S. 54.

5) FOREL, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1878, Suppl., S. 389.

6) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1890, S. 93.

Fauna warmer Strömungen angehört und passiv in diese Breiten verschleppt worden sind. Solche Formen sind: Medusen aus den Gattungen *Hippokrene* und *Catablema*, *Sarsia*, *Tiara* und sodann *Codonium princeps*, eine *Beroë*, *Hyperia* und koloniebildende Radiolarien.

Obwohl nun während des Sommers in Spitzbergen die Sonne nicht untergeht, so fanden sich die zuletztgenannten Formen während der Tagesstunden 80 m tief aber bei Nacht an der Oberfläche des Wassers. Diese reinen Golfstromformen hängen also noch mit grosser Zähigkeit an einer in südlicheren Breiten durchaus zweckmässigen, im hohen Norden aber geradezu zwecklosen Gewohnheit.

Die Fähigkeit der Plankthiere, nachts zu phosphoreszieren und das sogenannte Meerleuchten hervorzurufen, scheint aufs engste mit diesen Wanderungen zusammenzuhängen. Am Tag und in der Nacht bewegen sich diese Thiere in einer dunkeln Umgebung und werden daher ihre Lebensfunktionen leichter ausführen können, wenn sie selbst leuchtend sind.

Ueber die Fähigkeit des thierischen Plankton, aktiv sein spezifisches Gewicht zu verändern, und über die hierbei angewandten Mittel existierten bisher nur wenige Untersuchungen. VERWORN¹⁾ zeigte, dass die Vacuolen in dem Gallertmantel der *Thalassicola* mit einer Flüssigkeit erfüllt sind, welche spezifisch leichter ist, als das umgebende Seewasser. Durch andauernde Reizung kann man die Protoplasmawände der Vacuolen zum Platzen bringen. Die Flüssigkeit tritt heraus, und bei einer genügenden Verminderung der Vacuolenzahl wird die Zelle schwerer wie Seewasser und fängt an zu sinken. Durch Regeneration der Vacuolen steigt die Zelle wieder in die Höhe.

Manche Plankthiere sind kosmopolitisch verbreitet, eine Erscheinung, welche mehrfache Erklärungen²⁾ zulässt:

Erstens können pelagische Thiere dadurch eine kosmopolitische Verbreitung gewinnen, dass sie ein hohes geologisches Alter besitzen. So dürfte *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides* und *Hastigerina pelagica* diesem Umstand ihre weite Verbreitung verdanken.

Zweitens können sie durch nektonische Bewohner des offenen Meeres verschleppt werden. So sind die kosmopolitischen Copepoden mit bizarr gestalteten Borstenanhängen an Gliedmaassen und Schwanz versehen, die ein leichtes Festhaften an Fischkiemen u. s. w. erlauben, während lokalisierte Formen, wie *Pontella incermis* eine relativ glatte Oberfläche besitzen. *Lepas anserifera*, *Naucrates ductor*, *Echeneis remora* und *E. naucrates*, welche sich an Treibkörpern ansetzen, sind ebenfalls weltweit verbreitet.

Endlich werden *Veella* und *Physalia* durch den Wind überall hin verschleppt. Ausser ihnen kennt man aber keine kosmopolitischen Planktoncoelenteraten und betrachtet eine Art schon als weitverbreitet, wenn sie wie *Aurelia aurita*, *Tiara pileata*, *Phialidium variabile* an allen europäischen Küsten vorkommt.

Da sich an der Zusammensetzung des Plankton Pflanzen und Thiere beteiligen, so stellt die Lebewelt des offenen Meeres eine

1) VERWORN, Archiv f. Physiol. 1892, S. 151.

2) CHUN, Zool. Anzeiger 1886, S. 57–72.

ökonomisch selbstständige Einheit dar. Die kleinen Plankthiere leben von den mikroskopischen Planktonalgen und dienen wiederum größeren Thieren des offenen Meeres als Nahrung. Das offene Meer würde belebt sein, selbst wenn keine Flachsee und kein Festland existirten. Die ökonomische Abhängigkeit der einzelnen Thiergruppen der Hochsee voneinander spielt eine ungemein wichtige Rolle im Leben des Meeres, und die Deutsche Planktonexpedition hatte die einschlägigen Fragen zum Gegenstand besonderer Forschung gemacht, so dass wohl hierüber noch viele werthvolle Aufschlüsse zu erwarten sind.

M'INTOSH¹⁾ stellte fest, dass zu der Zeit, wo aus den pelagisch treibenden Fischeiern die junge Brut ausschlüpft, das Meer an den englischen Küsten sehr reich an planktonischen kleinen Krebsen und anderen Thieren ist. Sobald der Dottersack resorbiert ist, und schon vorher, findet man mikroskopische Krebse im Magen der Fischbrut. Aber nicht nur die Jungen von solchen Fischen, welche auch im erwachsenen Zustand von Krebsen leben, nähren sich davon in ihrer Jugend, sondern auch solche Formen, welche wie *Cyclopterus lumpus* oder *Lophius piscatorius* später keine Kruster mehr verzehren. Es ist wahrscheinlich der Reichthum an Krebsen nahe der Küste, welcher die Schwärme der Fische auf Untiefen versammelt, wo sie unter Tangen und Algenrasen ihre Nahrung finden. Die Wichtigkeit des Mikroplankton für das Leben der Fische kann gar nicht überschätzt werden, denn ohne dieses würde die Fischbrut nach Absorption des Dottersackes zu Grunde gehen müssen.

Obwohl man über die systematische Zusammensetzung des Plankton erst seit wenigen Jahren methodische Untersuchungen angestellt hat, so haben doch die meisten Beobachter marinen Lebens ihre Ansicht dahin ausgesprochen, dass das marine Plankton sehr beträchtlichen Verschiedenheiten unterworfen ist. Die meisten Naturforscher, welche auf grösseren Seereisen Gelegenheit hatten, die Thierwelt des offenen Meeres vergleichend zu untersuchen, fanden die mit blossen Auge sichtbaren Thiere an einer Stelle in zahllosen Schwärmen das ganze Meer bedeckend, während zu anderen Zeiten und an anderen Orten kein einziges Exemplar der betreffenden Art gefunden werden konnte. Und auch die bei früherer Gelegenheit besprochenen Planktonanalysen von HAECKEL ergaben, dass das monotone und prävalente Plankton viel häufiger ist als das polymikte.

Bei solchen Unterschieden in der systematischen Zusammensetzung darf es uns nicht Wunder nehmen, dass auch die geographische Vertheilung des Plankton, als bionomische Einheit, sehr beträchtliche Verschiedenheiten erkennen lässt.

Die horizontale Verbreitung des Plankton wird bedingt erstens durch die Bewegungen, zweitens durch die Temperaturen des Wassers.

Ebenso²⁾ wie die auf der Oberfläche des Meeres flottirenden Gegenstände, werden auch die auf und dicht unter dem Meeresspiegel treibenden Organismen vom Winde zusammengescharrt. Wenn der

1) Ann. Mag. Nat. Hist. 5. Serie XIX, S. 144.

2) BRANDT, Verbreitung der Hochseethiere, S. 23.

Golf von Neapel vor Scirocco ohne nennenswerthe Mengen von Radiolarienplankton war, so fand BRANDT nach 24stündigem Sturm sehr bedeutende Mengen dieser Thiere.

In der gleichen Weise wie der Wind wirken auch die Meeresströmungen scheidend auf die Vertheilung des Plankton ein. Ein recht charakteristisches Beispiel für das lokale Massenaufreten der planktonischen Fauna beschreibt HENSEN¹⁾ vom äusseren Rande des Labradorstromes. Hier trat *Calanus finmarchicus* 900 klm von der Küste in solchen Mengen auf, dass das Planktonvolumen von 5 auf 156 cem stieg, um dann auf 15 und 4,5 cem zu fallen.

Auch *Doliolum Krohni* trat im Oktober 1890 in einem dichten Schwarme auf. Nachdem man in einem Netzzug 14 Exemplare gefangen hatte, ergab der folgende Zug 5860 Exemplare.

Allerdings muss man hierbei immer im Auge haben, dass Meeresströmungen durch besondere Temperaturen gegen das umgebende Wasser abgegrenzt werden, so dass alle stenothermen Plankthiere, die sich innerhalb der Strömung sehr wohl befinden und sich vermehren, ausserhalb derselben rasch zu Grunde gehen müssen.

Sowie die Diatomeen besonders gut in salzarmen kalten Gewässern, die Calcocyteen in tropischen Meeren am besten gedeihen, so können wir auch bei den planktonischen Thieren ähnliche Gegensätze finden. So sind die Radiolarien auf die tropische Zone beschränkt, während gewisse Krebse und Pteropoden die Polarmeere mit dichtem Gewimmel erfüllen.

Diese ungleiche Vertheilung des Plankton über die Meeresflächen hat in mehrfacher Hinsicht interessante Folgen. Da die Schalen und Gehäuse der Planktonorganismen nach deren Tod zum Meeresboden hinabsinken, so bilden sich lokale Anhäufungen derselben am Boden der Tiefsee an den Stellen, wo die betreffende Form häufig an der Oberfläche lebt. Im Karaibischen Meere sehen wir demgemäss Pteropodenschlick, im Südpolarmeere Diatomeenschlick weit verbreitet.

Aber selbst wenn wir von dieser direkten Folge der Bevölkerungs-dichte einzelner Meerestheile absehen, so finden wir doch noch andere Konsequenzen derselben.

Direkt oder indirekt lebt ein grosser Theil der benthonischen Thiere der Flachsee, und alle Thiere der Tiefsee, von den planktonischen Organismen des offenen Meeres. Indem dieselben todt zu Boden sinken, bringen sie den dort lebenden Schlammfressern die Nahrungsmittel hinab.

Die Beobachtungen von v. POURTALES und AGASSIZ lehrten, dass längs der Küste von Florida und Carolina eine submarine Bank verfolgt werden kann, deren Thierreichthum geradezu erstaunlich ist. Und es ist sehr wahrscheinlich, dass der Planktonreichthum des darüber hinwegfliessenden Golfstromes die wesentliche Ursache jener reichen Benthosfauna ist, so dass AGASSIZ²⁾ sagt: Wo wir fossilreiche Ablagerungen finden, können wir annehmen, dass dieselben an einem Kontinentalrand gebildet worden sind, oder in dem Bereich einer Meeres-

1) HENSEN, Einige Ergebnisse der Planktonexpedition, S. 37.

2) AGASSIZ, Blake I, S. 92.

strömungslagen, welche das für jede reiche marine Fauna indirekt nöthige pelagische Futter in reichem Maasse herbeiführten.

Betrachten wir jetzt die vertikale Gliederung der Fauna des offenen Meeres, so kommen hier zwei bestimmende Faktoren in Betracht: Licht und Temperatur. Die Zirkulation des Wassers im offenen Ozean vollzieht sich, wie wir früher gezeigt haben, in so unmerklich langsamem Tempo, dass sie für unsere Betrachtungen nur geringe Bedeutung gewinnt. Die Druckdifferenz der verschiedenen Wasserschichten beeinflusst die Plankonthiere nicht, denn wir haben ihre vertikalen Wanderungen schon besprochen; und die Differenzen des Salzgehalts im offenen Meere sind unbedeutend.

Den Einfluss der Beleuchtung auf das Plankton haben wir schon erwähnt. Derselbe ist so wichtig, dass die Thiere Druckdifferenzen bis zu 20 Atmosphären erdulden, nur um dieselbe Lichtintensität zu geniessen. Während am Tage die Oberfläche des Meeres thierrarm erscheinen kann, tummeln sich in ruhigen dunklen Nächten zahllose Plankonthiere in den Fluthen, und erzeugen das wohlbekannte Meerleuchten.

Die vertikalen Wanderungen solcher Thiere müssen ziemlich beträchtliche sein. *Themisto libellula*¹⁾ wurde im Magen von Tiefseefischen 1800 m tief gefunden, auch *Willemoesia* und *Cystisoma* wurden in 0—1800 m beobachtet²⁾. Die Beobachtungen CHUN's im Golfe von Neapel ergaben ähnliche Grenzwerte.

Inwiefern das vegetabilische Plankton durch die Meerestiefe beeinflusst wird, haben wir schon besprochen; hier müssen wir nur noch erwähnen, dass dadurch auch die Vertheilung der Thiere bestimmt wird, welche von solchen Algen leben. Es ist von diesem Gesichtspunkte aus interessant, dass AGASSIZ³⁾ zwischen Mittelamerika und den Galapagos pelagisches Plankton nur bis 360 m Tiefe beobachten konnte, also bis zu der unteren Grenze der diaphanen Region. In grösseren Tiefen gelang es nicht, irgend eine Planktonform zu fangen, und erst 110 m vom Meeresboden trat wiederum ein abyssisches Plankton auf.

Die Frage nach der Existenz besonderer Planktonfaunen in intermediären Tiefen ist vorläufig nach den vorhandenen Beobachtungen nicht zu übersehen. Dass die aphotischen Regionen des offenen Meeres nicht leblos sind, geht aus den Beobachtungen von CHIERCHIA⁴⁾ hervor, welcher bei den Tiefenlotungen des „Vettor Pisani“ im östlichen Pazifik am Lotungstau in 1000 m Tiefe regelmässig abgerissene Tentakel von Siphonophoren bemerkte. Da diese Fragmente nur aus 1000 m Tiefe, aber ausnahmslos und zahlreich bei allen Lotungen über eine weite Strecke hinweg beobachtet wurden, so schliesst CHIERCHIA wohl mit Recht, dass in diesen Tiefen ein reiches Thierleben schwimmen müsse.

Auch der Fund von *Halosphacra* in 2000 m Tiefe macht es wahrscheinlich, dass sogar Pflanzenfresser in solchen Tiefen als Planktonorganismen leben können.

1) Nach COLLET, Christiania 1880.

2) CHALLENGER, Rep. Zool. I, S. 43.

3) Bull. Mus. Comp. Zoology XXIII, Nr. 1, S. 55.

4) Rivista marittima Roma 1885, S. 80.

Wir müssen zum Schluss noch die Frage der Besiedelung des offenen Meeres streifen. Wenn wir die meroplanktonischen Gäste der Hochsee einmal ausser Betracht lassen und unser Augenmerk nur auf das Holoplankton richten, so müssen wir sagen, dass auch diese Formen vielfach genetische Beziehungen zu der Formenwelt des Benthos der Flachsee erkennen lassen. Den 17 planktonischen Foraminiferenarten stehen hunderte von benthonischen Formen gegenüber. Die Medusen sind grösstentheils von festsitzenden Polypen abzuleiten. Die pelagischen Würmer knüpfen sich an benthonische Verwandte an.

Die formenreiche Gruppe der Krebse ist im Plankton der Hochsee hauptsächlich durch Copepoden, Ostracoden und Schizopoden vertreten, seltener findet man im offenen Meer Phyllopoden, Amphipoden und Decapoden. Es ist in der Mehrzahl der Fälle aus dem numerischen Verhältniss der benthonischen und planktonischen Formen zu beweisen, dass die letzteren aus ersteren entstanden sind.

Squilliden¹⁾ und Palinuriden entwickeln sich aus Larven, welche früher als eigene Formen unter dem Namen: *Alima*, *Erichthus* und *Phyllosoma* beschrieben wurden. Von solchen Larven werden ungeheure Massen in die Hochsee hinausgetrieben, und recht wenig erreichen wieder den Meeresboden, um den regelmässigen Gang ihrer Entwicklung fortzusetzen. Die meisten treiben im Plankton weiter, und unter dem Einfluss reichlicher Nahrung entwickeln sie sich zu jenen gigantischen Larven, bei denen der erste Blick zeigt, dass von einer Umwandlung in eine *Squilla*, *Gonodactylus*, *Palinurus*, *Scyllarus* gar keine Rede mehr sein kann.

Auch die pelagischen Cephalopoden *Cranchia* können auf offenem Meere mit durchsichtigen Geweben, gering entwickelten Armen, embryonalen Augen heranwachsen, und in diesem Zustand sogar geschlechtsreif werden. Bei den Planktonfischen kann man auch zeigen, dass manche thatsächlich aus benthonischen Formen entstanden sind: Die Leptocephalen²⁾ sind kleine bandförmige Fische, welche absolut durchsichtig sind, und in manchen Fällen sogar keine Spur von Hämoglobin in ihrem Blut enthalten, während ihr Skelett nur aus Knorpel besteht und die übrigen Gewebe weich und breiig sind. Sie werden oft fern vom Land in grosser Anzahl angetroffen, sind aber noch niemals geschlechtsreif beobachtet worden. Nach GUENTHER sind sie das Resultat abnormer Larvenentwicklung. Wahrscheinlich stammen sie aus den Eiern verschiedenartiger Fische, welche zufällig in die Hochsee getrieben wurden und dort in Anpassung an die durchsichtige Umgebung als glashelle, durchsichtige, ausgewachsene Larven sich entwickelten. Sogar die Jugendformen von *Platessa* mit symmetrischen Augen und vollkommen durchsichtigem Körper hat man auf offener See gefangen.

Aus den geschilderten Thatsachen hat PFEFFER (l.c. S. 54) den Schluss gezogen, dass alle heutigen pelagischen Thiere von litoralen Formen entstanden sind. Während andere Biologen aus dem ontogenetischen

1) PFEFFER, Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Thierwelt. Hamburg 1891, S. 60.

2) MOSELEY, Nature 1882, S. 562.

planktonischen Larvenleben der meisten benthonischen Thiere, ihre phylogenetische Entstehung aus Planktonformen erschlossen.

Mir scheint für die oben angeführten Typen die Ansicht PFEFFER's die grösste Wahrscheinlichkeit zu besitzen. Dagegen scheint mir diese Hypothese auf Radiolarien, Ctenophoren, Siphonophoren, Chaetognathen, Pteropoden, Pyrosomen und Salpen nicht übertragbar. Wir müssen in diesen Fällen die Entstehung der betreffenden Typen in das offene Meer verlegen, während die früher besprochenen Typen in der Flachsee entstanden und sich erst dann auch an die planktonische Lebensweise angepasst haben.

16. Die Tiefsee.

Obwohl das Wort Tiefsee in der neueren Literatur eine grosse Rolle spielt, so gehen doch die Meinungen nicht nur über die Grenzen, sondern auch über das Wesen des Lebensbezirkes, den man als Tiefsee bezeichnet, weit auseinander. Manche Diskussionen der hierher gehörigen Probleme sind nur deshalb resultatlos verlaufen, weil man vorher nicht entschieden hatte, was man unter Tiefsee versteht und verstehen soll.

Die Fundamentalfrage ist, ob man mit Tiefsee: Das tiefe Wasser oder den Boden des tiefen Wassers bezeichnen will.

Nach den vorausgehenden Betrachtungen wird man es begreifen, und im Laufe dieses Abschnittes werden wir die Beweise dafür bringen, dass wir nur den Boden des tiefen Wassers mit den auf ihm ruhenden untersten Wasserschichten als Tiefsee benennen dürfen. Die Mehrzahl der Tiefseethiere sind benthonische Formen, und zeigen Anpassungen an das Leben in oder auf dem Schlamm des Meeresgrundes. Die holoplanktonischen Formen des offenen Meeres, welche bis in die untersten Wasserschichten hinabsteigen, vermischen sich zwar hier mit den meroplanktonischen Larven der Tiefseethiere, allein trotzdem ist es keinen Schwierigkeiten unterworfen, die einen als Bewohner des offenen Meeres d. h. des unbegrenzten Wassers, die andern als die Bürger des Meeresbodens voneinander zu scheiden.

Ein anderer Grund, welcher uns veranlasst, den Boden des tiefen Wassers als Tiefsee zu bezeichnen, liegt darin, dass man die dort gebildeten Mangankongregationen, Phillipsitkrystalle und ähnliche Mineralbildungen als Tiefseegebilde bezeichnet, und dass diese Ausscheidungen am Boden des Meeres entstehen, wie wir im dritten Theil dieses Werkes auseinandersetzen werden.

Litoralgebiet, Flachsee und Tiefsee haben aber das miteinander gemein, dass sie von wesentlich benthonischen Formen bewohnt werden, während das vom Strande bis zur Hochsee, und von der Meeresoberfläche bis zum Grunde sich erstreckende Gebiet des offenen Meeres eine wesentlich planktonische Thier- und Pflanzenwelt beherbergt.

Die Tiefsee ist der Boden der tiefen Depressionen des Ozeans, und Tiefseethiere sind die Bewohner dieses Meeresbodens und der darüber ruhenden untersten Wasserschichten.

Die Tiefsee enthält keine Pflanzen. Zwar sinken Planktonalgen aus höheren Schichten in die Tiefsee hinab, aber sobald sie die Assimilationsgrenze überschritten haben, ist ihrem Gedeihen, ihrer Vermehrung ein Ende gesetzt.

Die Tiefseefauna setzt sich zusammen aus 4 Elementen:

1) den benthonischen und nektonischen Thieren, welche nur am Boden des tiefen Wassers leben und nur hier gefunden werden;

2) den benthonischen und nektonischen Thieren der Flachsee, welche auf der Wanderung in die Tiefsee begriffen sind, oder deren Leben unabhängig ist von den speziellen bionomischen Verhältnissen, wie sie einerseits in der Flachsee, andererseits in der Tiefsee angetroffen werden;

3) denjenigen Benthos-Thieren, welche eine gewisse Periode ihres Lebens hindurch zum Plankton gehören, die also während dieser Zeit in die untersten Schichten des offenen Meeres hinaufsteigen, um dann ihren Entwicklungszyklus am Meeresboden zu vollenden;

4) denjenigen planktonischen Thieren, welche in allen Tiefen des offenen Meeres gedeihen und infolgedessen sich mit dem vorhin erwähnten Meroplankton der Tiefsee in den darüber ruhenden untersten Wasserschichten vermischen.

Eine kritische Betrachtung der eben aufgezählten Kategorien zeigt, dass die Tiefseefauna durch viele Uebergänge mit den übrigen Faunen des Meeres verknüpft ist.

Jenseits¹⁾ der durch die Kontinentallinie abgegrenzten Flachsee folgt eine neutrale Zone mit einer, aus litoralen und abyssalen Formen gemischten Fauna, dann kommt die eigentliche Tiefseefauna.

Viele Plankthiere steigen von der Meeresfläche bis zum Grunde hinab, so dass *Petalophthalmus armiger* von 180—4570 in tief, *Willemoesia* 0—1800 m gefischt worden ist. Dass sogar Planktonpflanzen in beträchtlicher Tiefe lebend gefunden werden, haben wir an *Halosphaera* aus 2000 m mehrfach erwähnt.

Die physikalischen Charaktere der Tiefsee bestehen nicht in einem bestimmten Faktor, etwa Druck oder Lichtmangel, sondern in einer Kombination bionomischer Umstände, welche nur in ihrer Gesamtheit das Wesen der Tiefsee umfassen, während sie isolirt auch in anderen Meeresregionen gefunden werden. Unsere Aufgabe soll es jetzt sein, dieselben einzeln zu behandeln, und dann zum Schluss ihre Vereinigung zu betrachten.

1. Die Tiefsee ist lichtlos. Chemisch wirksame Lichtstrahlen dringen in reines Seewasser bis 400 m ein. Während des Winters und in trübem Wasser liegt die obere Grenze der aphotischen Region in viel geringerer Tiefe. Die erste Folge des Lichtmangels ist das Fehlen jeglicher Tiefseeflora. Es giebt keine eigentlichen Tiefseepflanzen, wenn wir absehen von den Planktonalgen, Diatomeen, Halosphaeren u. s. w., welche aus höheren Wasserschichten langsam in die Tiefe sinken, deren Heimath aber die diaphane Region ist.

Nicht assimilirende Pilze sind an die Lichtgrenze nicht gebunden, deshalb findet man Bakterien im Golfe von Neapel bis über 1000 m

1) AGASSIZ, Blake I, S. 143.

tief, und *Achlya penetrans* fand¹⁾ man in einer Tiefseekoralle in 1800 m schmarotzend.

Der Mangel einer Tiefseeflora bringt es mit sich, dass das Leben in der Tiefsee ökonomisch abhängt von den diaphanen Regionen des Meeres. Die Tiefsee gleicht einem Industriestaat, welcher seine Nahrungsmittel nicht selbst produziert, sondern auf die Einfuhr aus Ackerbau treibenden Ländern angewiesen ist.

In dem einleitenden Kapitel sahen wir, dass die Pflanzen Licht und Kohlensäure, die Thiere organische Nahrung und Sauerstoff in erster Linie zu ihrem Leben bedürfen. Organische Substanz und Sauerstoff werden durch den Assimilationsprozess der Pflanzen in der diaphanen Region erzeugt. Sauerstoff wird ausserdem durch die Wellenbewegung und durch Flüsse dem Meere zugeführt und auch organische Stoffe bringen die letzteren in den Ozean. Wie kommen nun Nahrung und Sauerstoff in die Tiefsee?

MOEBIUS²⁾ hat dieses Problem zum Vorwurf experimentaler Untersuchungen gemacht, und dabei verschiedene Transportwege erkannt:

Der Meeresboden ist von der Küste bis zur Tiefsee geneigt; zwar nähert sich der Neigungswinkel oft der Horizontalen, allein in der Regel zeigen benachbarte Lotungen einen, wenn auch kleinen Tiefenunterschied. In dem weichen Schlamm des Meeresbodens leben überall eine Menge von Thieren, welche den Schlamm durchwühlen oder ihn durch ihren Darmkanal passiren lassen. Alle die Lokomotions-, Fress- und Athembewegungen dieser unzähligen Schlammthiere erhalten die Bestandtheile der obersten Bodenschicht locker, und rühren sie immer aufs Neue auf. Die Gezeiten und die Wellen helfen durch ihre vertikalen Wasserbewegungen, welche sich abgeschwächt selbst bis in die grösseren Tiefen fortsetzen, dass der Bodenschlamm nie vollkommen zur Ruhe kommt.

Die Sedimente, welche durch Flüsse dem Meere zugeführt werden, drängen beständig die weichen Sedimente des Meeresbodens nach unten.

Alle diese Bewegungen würden aber für sich allein eine ausge dehnte Abwärtsbewegung der Sinkstoffe nicht verursachen, wenn nicht die Wasserzirkulation hinzukäme.

MOEBIUS beobachtete, dass in einem Aquarium bei einer oberflächlichen Abkühlung des Wassers um $\frac{1}{2}^{\circ}$ C. schon eine bemerkbare Strömung nach den tiefsten Stellen des Beckens zu beobachten war, welche alle die durch Organismen locker gehaltenen Schlammtheile nach der Tiefe zu in eine gleitende Bewegung versetzte, so dass die anfänglich 20° geneigte Masse nach kurzer Zeit nur noch 15° geneigt war.

Diese überaus langsam erfolgenden Sinkströmungen spielen eine ungemein wichtige Rolle im Leben des Meeres. Da sie durch Abkühlung des Wassers veranlasst werden, beginnen sie ihre Thätigkeit zu der Zeit, wo die Massenentwicklung der marinen Pflanzenwelt in den gemässigten und kalten Zonen gerade ihr Maximum erreicht hatte,

1) DUNCAN, Proc. R. Soc. 1876, S. 238.

2) MOEBIUS, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1871, S. 294.

wo anhaltende Stürme in den Feldern des Seegrases und der Tange ihre Haupternte halten und der Meeresgrund tiefer als gewöhnlich in Unruhe versetzt wird.

Eine grosse, früher nur wenig gewürdigte Rolle spielt das vegetabilische Plankton bei der Ernährung der Tiefseefauna. Jene Unmassen von Planktonpflanzen, welche das offene Meer bewohnen, die grosse Zahl der von ihnen lebenden Plankthiere, sie alle sinken zum Meeresboden hinab, sobald sie ihre Entwicklung vollendet haben. Aber auch vom Lande wird der Tiefsee lokal Nahrung zugeführt. Im Karaibischen Meer¹⁾ findet man Orangen, Zuckerrohr, Mangoblätter 1800—2740 m tief.

Unmassen²⁾ verwesender Baumzweige und Blätter sind dem Globigerinenschlick zwischen Mexiko und den Galapagos beigemischt.

Infolgedessen kann man in nahezu allen Tiefseeabsätzen³⁾ mit Hülfe chemischer Analyse eiweissartige, organische Substanz nachweisen. Organische Bestandtheile kann man beobachten, nachdem durch Säuren die Kalksubstanz der Knochen und Schalen aufgelöst ist, in Gestalt kleiner flockiger Massen (bisweilen in der Form von Kalkschalen) welche, auf Platinblech erhitzt, eine schwarze Asche zurücklassen. In seichterem Wasser, z. B. in gewissen Grünschlammern, findet sich eine grünliche Substanz, welche ebenso brennt und von pflanzlichem Ursprung zu sein scheint. Die Anwesenheit von Sulphiden und Schwefelwasserstoff in allem Hafenschlamme, schlammigen Buchten der Küste und nahezu allen terrigenen Sedimenten, wie Blauschlamm, ist ein sicherer Beweis dafür, dass lösliches und unlösliches Eiweiss und andere organische Substanzen in allen diesen Schlammern verbreitet und im Zustand der Zersetzung begriffen sind. Wahrscheinlich sind Sulphide in allen Tiefseesedimenten vorhanden, aber sie sind am häufigsten nahe dem Land. Im Rothen Thon und anderen echten Tiefsee-Ablagerungen ist die Menge organischer Substanz wesentlich geringer und, entsprechend der langsam sich vollziehenden Anhäufung, werden die Sulphide in demselben Maasse oxydirt, als sie sich bilden, und können sich daher nicht anreichern.

Die Nahrung der Tiefseethiere, welche am Boden des Ozeans leben, besteht aus den toten Körpern ozeanischer Pflanzen und Thiere, welche von der Oberfläche und von mittleren Tiefen hinabgefallen sind. Die Eingeweide von Echinodermen, Ameliden und anderen Organismen sind stets erfüllt mit den oberen Schlickarten, mit Schlamm oder Thon der Region, in der sie gefangen wurden, und zweifellos ist der darin enthaltene Nahrungsstoff für ihren Lebensunterhalt genügend. Selbst Krebse von Regionen jenseits der Hundertfadenlinie, wo feiner Schlamm zu herrschen beginnt, scheinen wesentlich von solchen feinvertheilten organischen Substanzen zu leben. In dieser Weise muss ein grosser Theil mariner Sedimente die Eingeweide mariner Thiere durchwandern und in diesem Sinne kann man sagen, dass die Tiefseethone und Schlammorganismen organischen Ursprungs sind.

1) MOSELEY, Nature 1880, S. 593.

2) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 1892, S. 11.

3) MURRAY und RENARD, Chall. Rep. Deep Sea Deposits, S. 253.

In dem Globigerinenkalk von Malta kann man die Wege der Echinodermen und Anneliden, welche sich durch den Schlick gefressen haben, noch in dem verhärteten Kalkstein erkennen.

Als man Proben von Blauschlamm untersuchte, besonders solche, welche von der Mündung grosser Flüsse stammten, wurden viele längliche Körperchen von 0,5 mm Länge beobachtet, die von Einigen als Foraminiferen beschrieben wurden, während sie von MURRAY als Exkremente von Echinodermen, besonders von Holothuriern, erkannt wurden. Wenn diese Körper von dem Thier ausgeleert werden, so sind sie mit einer schleimigen Substanz bedeckt; manche sind zu einer Kette angereiht. In gewissen Sedimenten ist dieser Dünger überaus häufig, aber in der Regel ist es unmöglich, denselben im organischen Schlick oder Tiefseethon zu erkennen. Sie scheinen auseinander zu fallen, wenn das Sediment körnig ist, oder wenn sie lange offen daliegen.

Der Mangel einer Tiefseeflora bedingt naturgemäss das Fehlen aller Pflanzenfresser in der Tiefsee. Die Tiefseethiere leben von den im Schlamm enthaltenen verwesenden Resten oder sind räuberische Fleischfresser. Die in der Flachsee so zahlreich vertretenen, pflanzenfressenden Gattungen der Schnecken, Würmer, Krebse fehlen der Tiefsee vollständig und werden durch fleischfressende, aassfressende oder schlammverzehrende Gattungen vertreten.

Die räuberische Eigenschaft der Tiefseethiere hat Fürst ALBERT von Monaco der Wissenschaft dienstbar gemacht, indem er eine Tiefseereuse konstruirte, mit Fleischköder versah, und eine Nacht am Meeresgrunde verweilen liess. In der Reuse hatten sich Thiere gefangen, welche vorher noch nie in vollkommen erhaltenem Zustand erbeutet worden waren, z. B. Krebse mit 1 m langen Fühlfäden. Sehr leicht und charakteristisch zu sehen ist die räuberische Lebensweise an den Tiefseefischen, welche in vielen Fällen ein geradezu furchtbares Gebiss mit langen Hakenzähnen besitzen; fast alle Tiefseefische sind Fleischfresser¹⁾.

Da die Augen der Thiere eine Anpassungserscheinung an Licht sind, so darf es uns nicht wundern, wenn wir in der aphotischen Tiefsee viele blinde Formen beobachten. Der unserem Flusskrebse²⁾ nahe verwandte *Astacus zaleucus* aus 800 m hat absolut keine Augen, aber eine seiner Scheeren ist ausserordentlich lang und dünn und dient wohl dem Thier als ein Fühler, wie dem Blinden der Stock. Die Oberfläche des Körpers ist mit Haaren bedeckt, die wohl auch als Tastorgane dienen. Blinde *Pentacheles* und *Mysis* fand der „Talisman“ sowie eine *Ethusa granulata*, die zwar blind war, allein grosse Augenstiele besass. Eben solche Augenstiele ohne Augen hat *Petalophthalmus armiger* aus 2740—4570 m.

Auch unter den Tiefseefischen finden wir eine Anzahl von Formen, deren Sehorgan Spuren der Verkümmerng zeigt.

Saccopharynx ampullaceus
Atelopus japonicus

1) GUENTHER, Chall. Rep. Deep. Sea Fishes, S. XXV.

2) MOSELEY, Nature 1880, S. 591.

Cyema atrum
Bathypterois longifilis
 — *longipes*

Bathyonus compressus

besitzen verhältnissmässig sehr kleine Augen,

Ceratiis uranoscopus

hat ein kleines, rudimentäres Auge, während bei

Typhlonus nasus

Ipnoptis Murrayi

Aphyonius gelatinosus

das Augenrudiment unter der Haut verborgen, äusserlich gar nicht sichtbar ist.

Den genannten Formen steht aber die grosse Mehrzahl der Tiefseefische mit sehr grossen, wohl entwickelten Augen gegenüber. GUENTHER bildet allein über 120 Arten mit grossen Augen ab, so dass die blinden Arten kaum 3 % betragen.

Der Mangel der Augen ist also keineswegs charakteristisch für Tiefseefische. Ebensowenig kann man aber die sehr grossen hypertrophischen Augen für eine Eigenthümlichkeit der Tiefseefische erklären, denn in vielen Fällen sind die Augen von normaler Grösse.

Obwohl assimilirende Lichtstrahlen nur bis 400 m in das Meerwasser hineindringen, so gelangen doch schwächere Strahlen noch in bedeutendere Tiefen. Aber selbst in solchen Tiefen, in die kein Tageslicht mehr hineindringt, ist eine Lichtquelle gegeben in der Phosphoreszenz der Tiefseethiere. Alle Aleynonarien¹⁾, welche der Challenger in tiefem Wasser dredgte, leuchteten brillant, wenn sie heraufgebracht wurden. Eine *Isis*²⁾ aus 600 m Tiefe leuchtete so stark, dass man kleine Schrift bei dem Lichte lesen konnte.

Lichtproduzirende Organe³⁾ sind überall bei der Tiefseefauna verbreitet, und diejenigen Gebiete der Tiefsee, in denen phosphoreszirende Thiere häufig sind, müssen genügend erleuchtet sein, um die mit Augen versehenen Formen in den Stand zu setzen, Objekte zu erkennen. Zweifellos tragen die Fische viel bei zu der Beleuchtung der Tiefsee. Gewisse Fische scheiden einen leuchtenden Schleim aus, der den ganzen Körper einhüllt; bei anderen ist die Erzeugung des Lichtes an besondere Organe „Laternen“ gebunden und dem Willen des Fisches unterworfen.

Man hat sich lange darüber gestritten, weshalb diese Thiere leuchten. Die Einen nehmen an, dass das Licht der Tiefseethiere und der leuchtenden Thiere überhaupt mit dem Geschlechtsleben zusammenhänge, und während der Paarungszeit besonders entwickelt sei. Man kann als Beweis hierfür geltend machen, dass die Geschlechtsdrüsen von Medusen und anderen Planktonthieren stark leuchten. Andere meinen, dass das Leuchten ein Vortheil beim Nahrungserwerb sei, und die „Laternen“ der Tiefseefische scheinen diese Ansicht zu stützen. Andere Forscher finden in dem Licht der phosphoreszirenden Thiere ein Schreckmittel gegen Angriffe. Allein selbst wenn jede dieser Hypo-

1) MOSELEY, Q. J. Micr. Soc. XVII, S. 21.

2) MILNE EDWARDS, C. Rend. Acad., T. 91, S. 314.

3) GUENTHER, l. c. S. XXIX.

thesen gleiche Berechtigung hat und einzelne Fälle gut erklärt, so macht doch MOSELEY⁴⁾ darauf aufmerksam, dass man in vielen Fällen eine spezielle Funktion des Leuchtens gar nicht anzunehmen braucht. Denn warum sollen nicht gewisse Thiere konstant Lichtstrahlen ausstrahlen, so wie die Warmblüter beständig Wärmestrahlen von sich geben? Es ist leicht möglich, dass es Thiere giebt, welche dunkle Wärmestrahlen empfinden, und für welche ein warmblütiges Thier leuchtend erscheint.

Das von Aleyonarien ausgesandte Licht wurde spektroskopisch untersucht und bestand aus rothen, gelben und grünen Strahlen. Damit mag wohl die eigenthümliche Färbung vieler Tiefseethiere zusammenhängen. Eine charakteristische Eigenschaft⁵⁾ der Tiefseekrebse ist ihre rothe Farbe von orange bis dunkelroth; andere sind farblos. Tiefseekorallen, Aktinien und Hydroiden sind oft purpurroth, mit Polyperrythrin gefärbt. So *Ceratotrochus*, *Flabellum*, *Fungia*, *Stephanophyllia*. Dieser Farbstoff findet sich nie in Seichtwasserformen. Crinoiden sind intensiv gelb oder orangeroth gefärbt. Die Tiefseegattung *Hymenaster* ist scharlachroth.

Allerdings wenn grosse Mengen von *Flabellum variabile* gedredgt wurden, fand man unter den dunkelrothen Formen immer eine grosse Zahl vollkommen weisser Exemplare, ja in einzelnen Fällen war die Zahl der Albinos überwiegend. Auch unter tiefvioletten *Renilla* fanden sich weisse Exemplare, ebenso wie unter schwarzen Tiefseefischen gelegentlich Albinos beobachtet werden.

Ausführliche Mittheilungen über die Farbe der Tiefseethiere des Pazifik giebt AGASSIZ⁶⁾: Obwohl rothe Farben vorwiegen, so sind doch *Comatula* und *Calamocrinus* oft gelb.

Gnathophausia, *Notostomus*, *Glyphocrangon* sind brillant scharlachroth. Bei Muniden und Willemoesien neigt die Färbung zum Gelbroth, während bei *Nephrops* und *Heterocarpus* die Farbe ins Grüne übergeht.

Die Farbe von abyssalen Pycnogoniden unterscheidet sich nicht von der bei litoralen Arten.

Die grossen Eier mancher Tiefseegattungen sind brillant lichtblau, und bei einem Macruren stand ein dunkler metallblauer Fleck auf dem Rücken in scharfem Gegensatz zu dem Karminroth des übrigen Körpers.

Die Seesterne sind im allgemeinen matter gefärbt als die Krebse, meist neigen sie zu fleischrothen Tönen.

Die *Hymenaster* variiren von hellem Violettblau bis zu tiefem Kastanienbraun.

Ophiocreas ist gelbroth; die übrigen Ophiuren, besonders von schlammigem Boden sind mattgrau mit etwas Gelb.

Eine *Sigsbeia*, welche auf *Allopora* sass, wurde von porzellanweissen bis zu violettgebänderten Exemplaren gefunden.

Die *Pourtalesia* mit dünner Schale waren zart fleischroth, die dickschaligen dunkelviolet oder weinroth. Bei *Urechinus* und

4) MOSELEY, Q. Journ. Micr. Sc. XVII, S. 22.

5) SMITH, Americ. Journal 1884, II, S. 56.

6) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 1892, S. 82.

Cystechinus wechselt die Farbe von hellem Braunroth bis zu blassem Weinroth.

Die Arten von *Asthenosoma* waren von dunklem Weinroth, variirend bis zu Strohgelb, gewisse *Phormosoma* braun, ziegelfarben, oder violett.

Die Färbung der Tiefseefische ist verhältnissmässig eintönig. Die Farben sind alle von hellviolettem Grund und variiren nach Braun, Braungelb und Grünlich. Manche Lipariden waren dunkelviolett; eine Art hatte ein brillantes blaues Band. *Ophidium*, *Nemichthys* sind mattviolett, *Ipnots* und *Bathypterois* gelbbraun. *Beryx*-ähnliche Formen sind bisweilen schwarz mit einem schwachen violetten Schein, gerade wie die *Stomias* aus geringeren Tiefen. Ein *Ceratias* war zinnoberroth mit gelblichblauen Flecken an der Seite.

Die halbdurchsichtigen Tiefseefische, wie *Aphyonius* sind gewöhnlich fleischroth, während die pelagischen Scopeliden, welche nicht tiefer als 500 m hinabsteigen, eine meist schwarze Färbung zeigen, welche im Gegensatz zu ihren silbernen Weichen steht.

Unter Holothurien ist die Mannichfaltigkeit der Färbung am grössten. *Cucumaria* und *Benthodytes* wurden weiss gefunden, *Peniagone* milchweiss bis gelbbraun. *Decima*, *Orphnurgus* sind weiss, rothviolett, weinroth oder blauviolett.

Psychropotes und Verwandte sind auf der Rückenseite rothviolett, aber auf dem Bauche heller blauviolett.

Die Tiefseemedusen *Periphylla*, *Atolla* sind gewöhnlich tiefviolett oder gelbroth. Sie steigen bis zur Meeresoberfläche empor.

Stomobrachium ist hellkarminroth. Die Farbe der Cephalopoden ist gewöhnlich violett. Unter den Tiefseeaktinien ist *Cerianthus* dunkel ziegelroth, Verwandte von *Bunodes* dunkelviolett. *Actinauge*-ähnliche Formen haben einen gelben Körper mit violettrothen Tentakeln. Zoanthiden waren graugrün. Im Allgemeinen wiegt also das Violett vor, während Anpassungsfarben an den graugrünen Meeresschlamm, auf dem diese Fauna lebt, ungemein selten sind. Unter den an den Boden des Meeres angepassten Thieren spielen die Plattfische in der Flachsee eine grosse Rolle. Es ist von Interesse, zu sehen, dass die Pleuronectiden nie tiefer als 800 m beobachtet worden sind¹⁾. Nur 19 Arten leben unter 180 m, nur 3 Arten von 550—730 m.

Als zweiten Charakter der Tiefsee haben wir den hohen Wasserdruck zu betrachten. Je 10 m Wasser entsprechen einem Atmosphärendruck, und das starke Glas- und Metallgefässe schon in geringen Tiefen durch den dort herrschenden Druck zertrümmert werden, da Holz und Korkschwimmer, welche von harpunirten Walen in die Tiefe gerissen worden waren, stark zusammengepresst wieder heraufkamen, so hat man wohl früher angenommen, dass der hohe Druck das Thierleben in grossen Meerestiefen verhindere oder wenigstens ihm schädlich sei. Auch die Erfahrungen beim Fischfang schienen für den hohen Einfluss des Wasserdruckes auf die Fauna zu sprechen, denn wenn man Fische in 50 m Tiefe gefangen hat und rasch emporzieht, so dehnt sich die Schwimmblase so aus, dass der Fisch bald zu Grunde geht, wenn man ihn nicht²⁾, wie es die Fischer am Bodensee mit dem *Coregonus hiemalis* thun, die Schwimmblase punktiert.

1) GUENTHER, l. c. S. 160. — 2) SEMPER, Existenzbed. II, S. 149.
Walther, Einleitung in die Geologie.

Bei vielen Tiefseefischen¹⁾, z. B. *Melanocetus*, *Chiasmodon*, *Plagyodus*, *Omosudis*, *Saccopharynx*, Trachypteriden, sind die Knochen und Muskeln sehr schwach entwickelt. Die Knochen haben eine fibröse, zellige, kavernöse Beschaffenheit, sind zart und meist ohne Kalksalze. Bei manchen ist das knorpelige Primordialskelett grösstentheils noch persistent, und die Hautknochen sind entweder häutig, oder wie das Operculum zu klein, um die Kiemen zu bedecken. Sobald der Fisch zur Oberfläche heraufgebracht wird, hängen die Knochen und Wirbel nur ganz locker aneinander. Ebenso sind die Seitennuskeln schwach entwickelt und das Bindegewebe fällt leicht auseinander, so dass man von manchen Tiefseefischen nur Bruchstücke kennt. Es scheint, dass die im Blut und anderen Körperflüssigkeiten enthaltenen Gase, bei vermindertem Druck, die Gewebe auseinanderreiben. Trotzdem besitzen die in der Tiefsee lebenden Fische Schwimmblasen, entsprechend deren Vorkommen bei litoralen Verwandten.

Aber Fische (und Mollusken?) scheinen die einzigen Thiere zu sein, welche beim Fangen aus grosser Tiefe die Wirkung des verminderten Druckes erkennen lassen²⁾. Die mit hydrostatischen Organen versehenen Fische haben in diesen eine Einrichtung, um sich verschieden starkem Wasserdruck in verschiedener Tiefe anzupassen und darin schwebend zu erhalten. Sie kommen in Gefahr, sobald man sie zwingt, in kurzer Zeit eine starke Druckverminderung auszuhalten, die sie in längerer Zeit ohne Schaden ertragen würden. Oberflächenfische hat MILNE EDWARDS noch in 2000 m gefischt, ein Beweis dafür, welche Druckveränderung sie aushalten.

REGNARD³⁾ hat Versuche gemacht, um zu studiren, welchen Einfluss ein starker Druck auf verschiedene Organismen ausübt.

Bierhefe wurde eine Stunde lang einem Druck von 1000 Atmosphären ausgesetzt. Sie verlor ihre Fermentwirkung für eine Stunde, dann gohr sie wieder vortrefflich.

Algen, welche 4 Stunden lang einem Druck von 600 Atmosphären ausgesetzt wurden, waren todt.

Infusorien wurden durch einen Druck von 600 Atmosphären eingeschláfert; als der Druck nachliess, schwammen sie wieder umher. Auch Mollusken wurden durch den Druck gelähmt, kamen aber unter normalem Druck rasch zu sich.

Ein Blutegel war unter einem Druck von 600 Atmosphären nach einigen Stunden noch lebendig.

Gammarus puba, *Daphnia* und *Cypris* wurden durch einen Druck von 600 Atmosphären in 5 Minuten eingeschláfert, waren aber unter normalem Luftdruck in 15 Minuten wieder munter.

Fische, deren Schwimmblase angestochen wurde, lebten bei einem Druck von 100 Atmosphären ohne jede Beschwerde, bei 200 Atmosphären wurden sie träge, kamen aber nach Druckverminderung wieder zu sich; bei 300 Atmosphären waren sie starr und todt; bei 400 Atmosphären faulten sie in diesem Zustande der Starre.

Histologische Untersuchung⁴⁾ der durch Druck getödteten Thiere ergab, dass Muskeln und Nerven verändert, das Gewebe stark mit

1) GUENTHER, l. c. S. XXIV. — 2) AGASSIZ, Blake I, S. 304. — 3) REGNARD, Compt. Rend. Acad. T. 1884, S. 145. — 4) REGNARD, Compt. Rend. Acad. T. 102, S. 175.

Wasser imprägnirt und in den äusseren Gefässen sogar die Blutkörperchen zerstört waren. Der ganze Thierkörper war durch Wasseraufnahme schwerer geworden.

Es ist nun interessant, dass der Druck von 200 Atmosphären, bei welchem Fische leiden, jener Tiefe von 2000 m entspricht, bis zu der Oberflächenformen in die Tiefe steigen. Denn unterhalb 2000 m beginnt das Reich der vollständig anders gebauten Tiefseefische.

Wohl die interessantesten Beobachtungen über den Einfluss des Drucks auf die Fauna der Tiefsee hat neuerdings Fürst ALBERT von Monaco gemacht. Bekanntlich sterben die aus der Tiefsee emporgelassenen Thiere meist kurze Zeit nach dem Fang. Bei den Fischen ist es begreiflich, dass durch den verminderten Druck die Schwimmblase zersprengt wird, das in ein besonderes Gefässsystem eingeschlossene Blut und die in den Geweben vorhandene Lymphe sich soweit ausdehnen, dass der Tod des Thieres rasch herbeigeführt wird.

Weniger leicht lässt es sich einsehen, warum niedrigere Thiere ohne hydrostatische Apparate, ohne ein geschlossenes Blutgefässsystem durch blosse Druckverminderung sterben sollen. Fürst Monaco beobachtete, dass die im Atlantik ¹⁾ aus einer Tiefe von 1400 m und einer Temperatur von 3° heraufgebrachten Tiefseethiere nur noch einen Schimmer von Leben zeigten, und die Bewohner grösserer Tiefen ausnahmslos todt an die Oberfläche kamen, während im Mittelmeer aus einer Tiefe von 1650 m bei 13° C. die meisten Tiefseethiere in voller Lebenskraft in die Hände des Beobachters gelangten. Ja ein Krebs, *Acantheephyra pulchra*, lebte mehrere Tage noch ganz wohlbehalten weiter. Zugleich fand man mehrere identische Fischarten im Mittelmeer sowohl in 50 wie in 1650 m Tiefe. Diese Thatsache lehrt, dass die Druckverminderung lange nicht so schwere Folgen in physiologischer Beziehung nach sich zieht, als der rasche Wechsel sehr verschiedener Temperatur.

Wenn man berücksichtigt, dass die meisten, der zu den oben erwähnten Experimenten benutzten Organismen, Süsswasserbewohner waren und also in relativ geringen Tiefen bei geringem Druck zu leben gewöhnt sind, so wird es begreiflich, dass Meeresthiere durch Druckdifferenzen des Wassers noch weniger beeinflusst werden. Die Untersuchungen CARPENTERS ²⁾ auf der Procupine ergaben daher schon 1869 das seitdem vielfach bestätigte Resultat, dass keine bathymetrische Begrenzung des ozeanischen Lebens in der Tiefe existirt, und dass die Temperatur des Wassers für das marine Thierleben wichtiger ist als der Druck.

Denn gegenüber den zeitlich und örtlich schwankenden Temperaturen des Oberflächenwassers besitzt die Tiefsee eine zwar niedrige, aber sehr unveränderliche Temperatur. Sobald wir uns aus dem Bereich der Küsten und der Wasseroberfläche entfernen, werden die Temperaturveränderungen immer geringer, und am Boden tiefer Meeresbecken herrscht eine konstante Temperatur über weite Erstreckung hinweg. Die Bodentemperaturen des offenen Meeres betragen +3 bis -3° C, in abgeschlossenen Meeren kennt man höhere, aber ebenfalls invariable Wärmegrade.

Dacrydium vitreum, welches früher im Hardanger Fjord in 146 m

1) ALBERT I, Fürst von Monaco. Zur Erforschung der Meere und ihrer Bewohner, übersetzt von MARENZELLER. Wien 1891.

2) CARPENTER, Proc. Roy. Instit. 1870. V, S. 503.

gefunden worden war, fand die „Procupine“ auf Station 37 in 4458 m. *Syndesmya intermedia* kommt im Polarmeer in 5 m, in südlicheren Breiten aber in 4453 m vor. Ich könnte die Reihe solcher Beispiele lange fortsetzen, und verweise auf die folgenden bathymetrischen Listen, um zu zeigen, dass der Wasserdruck für eine grosse Zahl niedriger Thiere eine ganz untergeordnete Rolle spielt, während die Temperatur für ihre Vertheilung massgebend ist. In der Magellanstrasse dredgte MOSELEY blinde Krebse und andere Tiefseethiere in 220 m. Sogar in den Tropen findet man gelegentlich Tiefseethiere in relativ geringer Tiefe (wohl infolge kalter Unterströme), so bei St. Thomas in 820 m. Bei Cebu in dem Philippinen-Archipel scheint die Tiefseefauna in manchen Vertretern bis 170 m zu gehen, obwohl die Temperatur in dieser Tiefe 20° C. beträgt. Infolgedessen ist es schwer, aus dem Charakter einer Fauna zu entscheiden, ob sie aus 700 m oder 4500 m stammt.

Die Bedingungen der Tiefsee sind keinen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Infolgedessen können sich alle Thiere, welche unter den spezifischen Umständen jener Region zu leben im Stande sind, in Zahl und Grösse ungehindert vermehren und ausbilden. Ein Netzzug des Challenger¹⁾ in 1828 m ergab 200 Thiere mit 79 Arten und 55 Gattungen, ein Netzzug in 2926 m brachte 200 Thiere herauf mit 84 Arten und 75 Gattungen. Selbst in Tiefen über 8000 m fing man Fische und niedere Thiere aus allen Klassen und konnte sich überzeugen, dass dieselben in jenen ungeheueren Tiefen gut leben können. Im Allgemeinen darf man zwar sagen, dass thierisches Leben am Meeresboden nahe den Kontinentalküsten reicher ist als in den entsprechenden Tiefen nach dem Mittelpunkt der Ozeanbecken zu, aber wenn man bedenkt, wie gering die Möglichkeit ist, mit einem Netz an einem 10 km langen Tau die Thiere des Meeresbodens zu erbeuten, so muss uns die Zahl der hierbei wirklich gefangenen Organismen immer noch in Erstaunen setzen.

Sehr bemerkenswerth ist die Grösse, welche viele Tiefseethiere erreichen. Der Fürst von Monaco fing in einer Tiefseereuse einen Krebs mit 1 m langen Fühlfäden, und v. WILLEMÖES-SUHM²⁾ berichtet, dass man in grossen Tiefen gigantische Krebse findet, die im Flachwasser durch kleinere Formen vertreten sind. Viele Tiefseekrebse³⁾ zeichnen sich auch durch sehr grosse Eier aus, die oft zehnmal so gross sind wie bei verwandten Flachseeformen. Die Einrichtung hängt wohl damit zusammen, dass die Nahrung in der Tiefsee relativ spärlich ist. Infolgedessen durchlaufen die jungen Krebse innerhalb des Eies eine abgekürzte Metamorphose und schlüpfen viel grösser und erwachsener aus.

Eine wichtige Eigenschaft der Tiefsee ist es, dass ihr Klima auf ungeheueren Räume absolut unveränderlich ist. Damit hängt es zusammen, dass die Tiefseefauna über die ganze Welt kosmopolitisch verbreitet ist. A. AGASSIZ, welcher die Tiefseefauna der Amerikanischen Meere auf mehreren Expeditionen gründlich kennen gelernt hatte, war überrascht, als ihm die Sammlungen des CHALLENGER dieselben Typen darboten. *Bathyaëtes symmetrica*⁴⁾ und *Cryptohelia pudica* findet man kosmopolitisch. Die portugiesischen Fischer finden beim

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 250. — 2) v. WILLEMÖES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1874, S. XXII. — 3) SMITH, Americ. Journal 1884, II, S. 56. — 4) MOSELEY, Nature 1880, S. 546.

Fang eines Tiefseehaies, in ihre Angelleine verwickelt, dieselbe *Hyalonema*, welche die japanischen Fischer in der Bucht von Enoshima beim Fang eines ähnlichen Haies mit heraufbringen. Die Tiefseemollusken ¹⁾ des Golfes von Gascogne finden sich bei Norwegen, Schottland und Grönland wieder.

Für die Tiefsee giebt es keinen Wechsel von Tag und Nacht, keinen Wandel der Jahreszeiten und des Klimas. Unverändert herrschen in jenen Abgründen konstante Temperaturen, konstanter Druck und konstante Lichtarmuth. Das einzige, was einem Wechsel unterworfen sein dürfte, ist nach MOSELEY die Nahrung. Denn wir haben gesehen, dass die Tiefsee selbst keine Nahrungsmittel produziert. Direkt oder indirekt nähren sich alle Tiefseethiere von den Produkten, welche in der diaphanen Region erzeugt worden sind. Nachdem die sommerliche Wärme und die reichere Besonnung des Sommers ein reiches Pflanzenleben erzeugt haben und in vielen Algen eine Menge von Reservestoffen gebildet worden sind, kommt der Herbst mit seinen Stürmen. Bis in grosse Tiefen wird das Wasser erregt, die abgekühlten Wasserschichten der Oberfläche sinken langsam hinab und reissen alle losen Pflanzen und die aus dem Zerfall von Flachseeorganismen entstandenen Eiweissbestandtheile in die Tiefe. So bringt der beginnende Winter der Tiefseefauna neue Nahrung und neue Existenzmittel.

Wir haben festgestellt, dass der Lebensbezirk der Tiefsee durch Dunkelheit, hohen Druck, gleichmässige niedere Temperatur und die Invariabilität ihrer Existenzbedingungen charakterisirt ist, und müssen es hier nochmals betonen, dass nur das gemeinsame Auftreten dieser verschiedenen Faktoren den Charakter der Tiefsee bestimmt. Infolgedessen dürfen wir nur solche Thiere als echte Tiefseethiere bezeichnen, deren Leben von allen diesen Faktoren abhängig ist.

Nächst diesen positiven Charakteren ist es nützlich, sich zu erinnern, dass die physikalischen Verhältnisse durch eine Anzahl negativer Charaktere nicht minder scharf ausgezeichnet sind. Der Tiefsee mangelt die Pflanzenwelt. Infolgedessen fehlen Pflanzenfresser und andere Anpassungsformen an die Flora. Der Tiefsee mangelt die Wasserbewegung, denn der Einfluss der Wellen und Strömungen setzt sich nur mit unmessbar kleinen Verschiebungen in grössere Tiefen fort. Die Zirkulationsbewegungen des Wassers aber sind ebenfalls unmessbar in ihrer Geschwindigkeit. Es fehlen daher alle kräftigeren Skelettgebilde. Der Tiefsee mangelt der für die Flachsee charakteristische Wechsel der Facies, denn die Tiefseesedimente sind über weite Strecken unveränderlich dieselben. Der Tiefsee mangelt in der Regel auch ein fester Untergrund. Infolgedessen zeigt die Fauna Anpassungserscheinungen an das Leben im weichen Schlamm.

Es ist interessant zu vergleichen, wie unmöglich es wird, die bionomischen Verhältnisse der Tiefseefauna scharf zu bezeichnen, wenn man, wie es öfters geschehen ist, nur einen Faktor als charakteristisch für die Tiefsee anerkennen will.

Von mehreren Biologen ist der Mangel des Lichtes als allein charakteristisch für die Tiefsee hingestellt worden und die Assimilationsgrenze von 400 m als obere Grenze der Tiefsee bezeichnet worden. Die Folge davon ist, dass sich erstens die Grenze der Tiefsee bei

1) MILNE EDWARDS, Comptes Rend. Acad. T. 91, S. 357.

Nacht um mehrere hundert Meter verschiebt. Konsequenter Weise muss man dann zugeben, dass im Polarmeer die Oberfläche des Wassers ein halbes Jahr lang zur Tiefsee gehört. An den Mündungen grosser Flüsse, oder an schlammigen brandenden Ufern liegt dann die Tiefseegrenze in 50 m Tiefe, während nahe dabei an einer felsigen Steilküste die obere Grenze 600 m tief liegen kann. Man könnte auch den hohen Wasserdruck als einzig charakteristischen Faktor der Tiefsee hinstellen. Aber dann würde man überhaupt auf den Lebensbezirk der Tiefsee verzichten müssen, denn nur gewisse Thiere sind nicht im Stande, einen Wechsel des Druckes zu ertragen. Nach MOSELEY¹⁾ findet man: *Terebratula vitrea* von 9—2924 m, *Waldheimia* vom Strand bis 3953 m, *Discina* von 91—4576 m, *Antedon* von 1—3865 m, *Amphiura* von 4—4890 m, *Lumbriconcreis fragilis* von 1—3256 m, *Dentalium* von 1—4800 m, *Myriochele* von 1—5310 m, *Priapulid* von 1—5030 m, *Balanoglossus* von 1—4610 m, *Scalpellum* von 1—5250 m. Alle diese Thiere sind also vollkommen unabhängig von dem Wechsel des Wasserdruckes um 3—500 Atmosphären. Will man endlich nur die niedrige invariable Temperatur als charakteristisch für die Tiefsee herausnehmen, so ist die Konsequenz, dass innerhalb des Polarkreises beständig eine Tiefseefauna im seichten Wasser lebt. Ich verkenne nicht, dass es auch wieder Schwierigkeiten macht, für ein bestimmtes Thier mit Sicherheit zu entscheiden, ob es ein Tiefseebewohner ist oder nicht. Eigentlich kann hier nur das Experiment entscheiden. Aber im Allgemeinen wird man nicht fehlgehen, die kosmopolitische Verbreitung eines Thieres über weite Strecken des Tiefseebodens als charakteristisches Kennzeichen anzunehmen. Sagt doch AGASSIZ²⁾, dass die monotone Tiefseefauna, welche bis 550 m hinaufsteigt, sich wohl unterscheidet von der in lokalen Faunen auftretenden Thierwelt der Flachsee, welche bis 270 m hinabsteigt. Dazwischen liegt eine Uebergangszone mit Arten, welche nicht den lokalen Faunen der Flachsee angehören, aber auch nicht die weite Verbreitung der Tiefseeformen besitzen.

Man darf wohl unbedenklich die Bewohner des Rothen Thones als echte Tiefseethiere betrachten; ich gebe daher zum Schluss die in diesem Gebiet beobachteten Formen nach der Liste von NORMAN³⁾:

	Faden	Meter
<i>Typhlonus nasus</i>	2440	4462
<i>Echiostoma microdon</i>	2440	4462
<i>Bathypterois longicauda</i>	2550	4662
<i>Gonostoma gracile</i>	2425	4434
Mollusken:		
<i>Dentalium leptosceles</i>	2600	4754
Brachiopoden:		
<i>Terebratula Wyvillei</i>	2600	4754
Tunikaten:		
<i>Culcolus Murrayi</i>	2300	4206
<i>Styela bythia</i>	2600	4754
<i>Hypothythys calycodes</i>	2900	5303

1) Ref. im Zool. Jahresbericht 1880, I, S. 86, nach Nature 1880.

2) AGASSIZ, On the dredging operations. Bull. Mus. Comp. Zool. V, 14.

3) NORMAN, Presidential Address. Trans. Nat. Hist.-Soc. of North. Durh. Newc. and Tyneside Nat. Fj. Club VIII, I, 1883.

Bryozoen:	Faden	Meter
<i>Farciminaria pacifica</i>	2300	4206
<i>Salicornaria malvinensis</i>	1450	2651
— <i>tenuirostris</i>	2200	4023
— <i>bicornis</i>	2200	4023
<i>Bifaxaria abyssicola</i>	3125	5714
Krebse:		
<i>Haliporus curvirostris</i>	2375	4343
<i>Ilepomadus inermis</i>	2550	4662
<i>Gennadus parvus</i>	2425	4434
<i>Boreomysis obtusata</i>	2740	5010
<i>Bairdia hirsuta</i>	1825	3336
<i>Cythere Suhmi</i>	2300	4206
— <i>circumdentata</i>	2350	4297
— <i>Normani</i>	1825	3336
— <i>dasyderma</i>	1825	3336
— <i>acanthoderma</i>	1825	3336
— <i>dictyon</i>	1825	3336
<i>Krithe producta</i>	1825	3336
<i>Cytheropterum mucronulatum</i>	1825	3336
— <i>abyssorum</i>	2600	4754
Echinodermen:		
<i>Elpidia glacialis</i>	2600	4754
— <i>rigida</i>	2300	4206
<i>Scotoplanes mollis</i>	2600	4754
<i>Periagone atrox</i>	2600	4754
<i>Scotoanassa diaphana</i>	2600	4754
<i>Achlyonice paradoxa</i>	2300	4206
<i>Oncirophanta mutabilis</i>	2900	5303
<i>Benthodytes typica</i>	1500	2743
— <i>mamillifera</i>	2225	4068
<i>Pourtalesia laguncula</i>	2900	5303
<i>Cystechinus Wyvillii</i>	1825	3336
<i>Marsipaster spinosissimus</i>	2335	4267
<i>Hymenaster geometricus</i>	2335	4267
— <i>echinulatus</i>	2335	4267
— <i>carnosus</i>	1500	2743
— <i>infernalis</i>	2900	5303
<i>Benthaster Wyvilli Thomsoni</i>	2900	5303
<i>Porcellanaster tuberosus</i>	1875	3427
— <i>crassus</i>	2335	4267
<i>Ophioglypha Loveni</i>	2600	4754
— <i>bullata</i>	2650	4845
— <i>convexa</i>	2350	4297
— <i>undata</i>	1450	2651
<i>Ophiocten pallidum</i>	2600	4754
<i>Ophiomusium Lymani</i>	1825	3336
<i>Ophiomastes tegilitus</i>	2600	4754
<i>Amphiura cornua</i>	2300	4206
<i>Amphilepis papyracea</i>	2150	3931
<i>Ophiocyta epigrus</i>	2350	4297

Echinodermen:	Faden	Meter
<i>Ophiacantha placentigera</i>	1350	2468
<i>Ophiambix aculeatus</i>	1350	2468
<i>Ophiogeron edentulus</i>	1350	2468
<i>Ophiochelus pellucidus</i>	1350	2468
<i>Ophiothela supplicans</i>	1825	3336
<i>Ophioceras abyssicola</i>	2300	4206
<i>Antedon sp.</i>	2900	5303
Aktinien und Korallen:		
<i>Coralliomorphus profundus</i>	2025	3702
<i>Anthomorpha elegans</i>	2900	5303
<i>Liponema multiporum</i>	1875	3427
<i>Amphianthus bathybium</i>	2300	4206
<i>Porponia elongata</i>	2600	4754
<i>Deltocyathus Italicus</i>	2375	4343
<i>Bathyactis symmetrica</i>	2900	5303
<i>Umbellula Thomsoni</i>	2125	3895
— <i>leptocaulis</i>	2440	4462
<i>Scleroptilon grandiflorum</i>	2300	4206

Dazu kommen noch Spongien und Foraminiferen.

Die in der obigen Liste enthaltenen Thiere gehören zu den eigentlichen Tiefseeformen, welche, wie es scheint, nur in den dunklen, pflanzenlosen, unveränderlich kalten, unbewegten, unter hohem Druck stehenden Abgründen des Meeres gedeihen.

Aber zu diesen kommen eine Anzahl von Gästen, welche, aus anderen Lebensbezirken stammend, doch zeitweise oder gelegentlich zur Tiefseefauna mitgehören. Hierher gehören erstens die Flachseethiere, welche stenotherm sind und aus diesem Grunde auch in der Tiefsee leben können. Viele Brachiopoden, Echinodermen, Würmer, welche im kalten Wasser der Polarneere in geringen Tiefen angetroffen werden, steigen in südlicheren Breiten bis in die Tiefsee hinab, da sie gegen Druckveränderungen unempfindlich sind und in der Tiefsee die ihnen zusagende konstante niedrige Temperatur finden. Nur Pflanzenfresser können niemals Tiefseebewohner werden. Eine andere Kategorie von Gästen in der Tiefseefauna bilden die Plankthontiere, welche im Stande sind, grosse vertikale Wanderungen zu unternehmen, und die Dunkelheit lieben. So finden wir viele Bewohner des offenen Meeres, welche des Nachts zur Oberfläche heraufsteigen, am Tage in beträchtlicher Tiefe und wahrscheinlich wird man bei genaueren Untersuchungen über dem Boden der Tiefsee nicht nur die meroplanktonischen Larven solcher Thiere finden, welche gewöhnlich am Grunde leben, sondern, ihnen beigemischt, auch Formen erkennen, welche alle Regionen des offenen Meeres bevölkern.

Endlich scheint es nicht ausgeschlossen zu sein, dass unter den Bewohnern der Tiefsee auch manche Formen sind, welche im Begriff stehen, in die Tiefsee einzuwandern. Ist doch die Tiefseefauna zweifellos ein Abkömmling der diaphanen Region, und aus Formen der Flachsee und des offenen Meeres auch geschichtlich abzuleiten.

17. Die ozeanischen Archipele.

Eingestreut in die unendliche Fläche des offenen Meeres, hervortretend aus dem Schoosse der Tiefsee, begegnen uns die ozeanischen Inselgruppen. Sie sind nicht wie die Kontinentalinseln von grösseren Festländern abgetrennt worden, sondern sie wuchsen im Meere selbst empör und sind Kinder des Ozeans.

Die einen sind durch vulkanische Thätigkeit entstanden. Indem sich Aschenergüsse und Lavadecken um den Eruptionskanal herum aufbauten, entstand auf dem Boden der Tiefsee ein immer mehr wachsender Hügel, der allmählig zur Untiefe wurde, und endlich als Vulkaninsel aus den Fluthen auftauchte. Weicher vulkanischer Tuff und härtere Lavafelsen setzen den Vulkankegel zusammen, und das Beispiel der Insel „Julia“ lehrt, wie rasch eine solche Vulkaninsel entstehen und wie rasch sie wieder von den Wellen zerstört werden kann. Heftig bricht sich die Brandung an den Ufern der Insel, eine Tuffwand nach der anderen wird untergraben und so ist das Meer bestrebt, aus der Vulkaninsel bald wieder eine Untiefe zu erzeugen.

Eine zweite Gruppe von ozeanischen Archipelen sind die Koralleninseln. Auch sie sind im offenen Meere entstanden, und wenn sie auch vielfach einen vulkanischen Kern haben mögen, so hat man doch durch Bohrungen feststellen können, dass oft mehr als 500 m Korallenkalk die Insel zusammensetzt. Die Koralleninseln sind der Brandung gegenüber widerstandsfähiger, denn je stärker die Wellen daherstürmen, desto reichlichere Nahrung bringen sie den Riffkorallen und desto besser wachsen die Riffe.

Die Vulkaninseln ebenso wie die Koralleninseln treten gewöhnlich in Gruppen auf, und ebenso charakteristisch ist es für die Mehrzahl von beiden, dass sie fern von jedem Festland auf dem Boden der Tiefsee stehen. Infolgedessen stellen die ozeanischen Archipele einen besonderen Typus bionomischer Verhältnisse dar, den wir, soweit methodische Beobachtungen hierüber vorliegen, in diesem Abschnitt zu schildern versuchen werden.

Durch die ozeanischen Archipele wird in erster Linie das topographische Relief des Meeresbodens verändert. Wo sich vorher ein fast horizontaler Tiefseegrund erstreckte, erhebt sich jetzt eine vielgestaltige Klippenwelt mit steilem Böschungswinkel. Die unveränderliche Ebene der Tiefsee hat eine Unterbrechung erlitten, und in all-

mäßigen Uebergängen sind zu den bionomischen Verhältnissen der Tiefsee die Existenzbedingungen der Flachsee, des Strandes und des Festlandes getreten. Aber damit hat sich die Facies des betreffenden Meerestheiles vollkommen gewandelt. An Stelle des mit weichem Schlick bedeckten Tiefseebodens sind grobe Sande, Gerölle und Felsenzüge getreten, und damit haben Thiergenossenschaften, welche dem Gebiete früher fremd waren, Gelegenheit gefunden, sich anzusiedeln und zu gedeihen. Zu gleicher Zeit rückt die betreffende Stelle des Meeresbodens aus der aphotischen in die diaphane Region. Zu der Fauna gesellt sich eine reiche Flora, und während vorher fast alle Nahrung aus dem fernen Polarmeer oder aus dem Plankton bezogen werden musste, sind plötzlich neue einheimische Nahrungsquellen geöffnet worden, die auch das umgebende Gebiet mit Subsistenzmitteln versehen.

Auch das Leben des offenen Meeres wird verändert, denn zu dem pelagischen Plankton tritt neritisches Plankton hinzu; und wenn der Archipel als bergige Inselgruppe das atmosphärische Wasser kondensirt, dann rücken hier die bionomischen Verhältnisse von Aestuarien und Binnenseen Wand an Wand mit den Existenzbedingungen der Tiefsee. Festländische Organismen werden durch Wind und Wellen herbeigetragen und auf engem Raum finden wir alle bionomischen Typen der Lebensbezirke vereint.

Der Boden der Tiefsee ist fast horizontal; scharf kontrastirt hiermit der Neigungswinkel ozeanischer Inseln. Am Aussenrande von Tahiti beobachteten MURRAY und SWIRE¹⁾ folgende Zahlen:

Abstand vom Rifftrand:	Tiefe:	Neigungswinkel:
0		3,26°
45 m	2 m	4,07°
90 m	6 m	15,00°
140 m	18 m	15,38°
180 m	30 m	13,30°
230 m	42 m	4,34°
270 m	45 m	72,39°
320 m	190 m	38,39°
365 m	230 m	50,12°
410 m	300 m	45°.

In Tiefen von 1230 m enthielt das Sediment 19% Kalk, bis zu 270 m bestand der Grund aus Korallensand mit vulkanischen Mineralien und den Resten pelagischer Thiere. Weiter oben war der Meeresboden so uneben, dass es unmöglich war, das Schleppnetz zu ziehen, doch erbeutete man Spongien, Alcyonarien, Korallen und andere wirbellose Thiere. Direkt nebeneinander lothete man 10 oder 30 m in den mit Höhlen durchzogenen Riffen. An den Bermuda's fand der Challenger²⁾ in einer Lothungsreihe:

in 4113 m:	Globiger. Schlick
„ 3328 m:	„ „
„ 2422 m:	Korallenschlamm
„ 1737 m:	„
„ 1426 m:	„
„ 218 m:	„

1) CHALLENGER, Narrative II, S. 779.

2) CHALLENGER, Narrative I, 139, Taf. 8, Linie 32.

Dann folgte Felsengrund mit vereinzelt sandigen und schlammigen Flächen. Der Neigungswinkel, welcher von 1800 bis 730 m etwa 7—15° betragen hatte, stieg von da bis zur Oberfläche zu 20°.

DANA¹⁾ beschreibt noch bedeutendere Böschungen von Koralleninseln:

Enderbury I. 1:6, 1:3, 1:1,5, 1:4

Hulls I. 1:13

Swains I. 1:7, 1:13

Danger I. 1:1, 1:0,75.

Endlich hat BUCHANAN²⁾ an der Daciabank westlich von Mogador Böschungswinkel von 7—43° gefunden, am Südostabhang der Bermudas 5—42° Neigung.

Es ist interessant, wenn man damit die grössten Böschungswinkel an der Küste von Marocco vergleicht. Hier betrug die stärkste Neigung 11° und unter 32° N. Br. fand man folgende Winkel:

Tiefen in Faden:	Winkel:
106 —	3,2°
220 —	2,5°
596 —	2,0°
780 —	2,5°
843 —	2,7°
995 —	2,7°
1640 — 1763	0,6°

Infolge der vielen felsigen Unebenheiten, welche an den Flanken ozeanischer Inseln auftreten, ist es bisher nur selten gelungen, grössere Stellen abzdredgen, um so reicher aber war die Fauna, welche bei solcher Gelegenheit erbeutet wurde.

Der CHALLENGER³⁾ fand bei Tristan d'Acunha in 270 m ein Sediment, welches zu 76 % aus grösseren benthonischen Formen bestand. Ja in der Umgebung von Madeira war in 1125 m noch ein grober Sand, auf welchem 88 % grössere Thiere mit Kalkpanzern lebten. Und wenn man bei den Dredgelisten die Planktonreste der Globigerinen u. s. w. abzieht, so erkennt man leicht, dass die Umgebung ozeanischer Inseln meist einen grösseren Thierreichthum des Meeresbodens zeigt, als die eintönigen Abgründe der flachen Tiefsee.

Dieser grössere Thierreichthum ist aber auch dann vorhanden, wenn die Erhebung des Meeresbodens eine wasserbedeckte Untiefe bildet, ohne festländische Regionen zu erreichen.

Im Golfe von Neapel erheben sich aus dem sehr wenig geneigten, mit grünem Schlamm bedeckten Meeresboden eine Anzahl submariner Inseln, deren Entstehung⁴⁾ aus abradirten Vulkanen mit grosser Wahrscheinlichkeit erschlossen werden kann.

Während die umgebenden Schlammgründe eine sehr arme Fauna besitzen, lebt auf der Secca di Benda Palumbo und den anderen Untiefen eine überaus reiche Thierwelt. Das Schleppnetz kommt aus Tiefen von 50 m, erfüllt mit zahllosen Echinodermen, Mollusken,

1) Americ. Journal 1885. II, S. 95.

2) BUCHANAN, Proc. Edinb. R. Soc. XIII, S. 440.

3) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 36 u. 72.

4) J. WALTHER, J. vulcani sottomarini del Golfo di Napoli, Boll. Con. Geol. Roma 1886, Nr. 9.

Krebsen, Würmern, und ebenso reich ist die dazwischen lebende Algenflora.

Je weiter wir an den Flanken der Inseln emporsteigen, desto reicher wird die Thierwelt. Wir kommen in das Reich des Lichtes und mit der Entfaltung der marinen Flora vervielfältigt sich die Fauna.

Wir haben früher gesehen, dass die benthonische Flora des Meeres einen unverschiebbaren Untergrund zu ihrem Gedeihen bedarf. Ihn findet sie sowohl auf Vulkanklippen, wie auf Koralleninseln. In den arktischen Meeren säumen Laminarien, im Antarktik *Macrocystis*-gebüsche die felsigen Ufer der Inseln. Die Nester¹⁾ des Weisskopfs, welcher in grossen Schaaren auf St. Paul lebt, werden aus den Blättern von *Caulerpa clavifera* gemacht, welche die Felsengründe der Buchten überzieht.

Sehr reich ist die Florideenflora der Koralleninseln. Am Rande von Keeling Atoll²⁾ gedeihen drei Arten von Nulliporen sehr gut. Die rothe Färbung der Marshallriffe wird durch eine Nullipore veranlasst, welche sehr häufig ist. In Westindien kommt das Senkblei aus 18—360 m, sehr allgemein mit den abgestorbenen Gliedern einer *Halimeda* bedeckt, herauf. Auf Mauritius sind Nulliporen ungemein häufig.

An der Accessible-Bay³⁾ auf Kerguelensland zieht sich längs des Ufers eine bei Ebbe entblösste Terrasse. In den Vertiefungen und Rinnen, welche die Wellen auf ihr ausgegabt haben, wuchern grüne Conferven und Ulven. In 2—3 m folgt eine zweite Terrasse, bedeckt mit rothen, braunen und grünen Florideen, welche hier in üppigster Fülle gedeihen. Dazwischen wächst die *D'Urvillea utilis*, deren gewaltige fleischige Blattflächen die Wasseroberfläche erreichen. In dem zähen Schlamm von 8—36 m Tiefe liegen mächtige Basaltblöcke, welche den Wurzeln der *Macrocystis gigantea* zur Stütze dienen.

Aber der Pflanzenreichtum ozeanischer Inseln wird vielleicht noch übertroffen von dem reichen Thierleben, welches im flachen Wasser ihrer Abhänge gedeiht. Ich brauche nur daran zu erinnern, dass die Mehrzahl aller ozeanischen Inseln ganz mit Korallenriffen bedeckt sind, um zu zeigen, welche reiche Fauna dort lebt. Um ein Beispiel herauszugreifen, wollen wir die Beobachtungen von MOEBIUS⁴⁾ über die Insel Mauritius hier erwähnen: Ausser 40 Arten von Steinkorallen sind noch einige Alecyonarien und Malakodermen häufig. Dazu kommen 21 Hydroiden und 13 Bryozoen. Von Foraminiferen tragen hauptsächlich *Amphistegina Lessonii* und *Carpenteria Raphidodendron* zur Bildung der Korallenriffe bei. 28 Arten von Holothurien leben auf den Riffen, sowie 17 Echiniden. Der Darm der auf dem Korallenriff wohnenden Seeigel enthält oft Schalen von Foraminiferen. *Heterocentrotus trigonarius* und *H. mammilatus* bohren sich runde Höhlen in den Kalk. Muscheln sind schwer zu finden, da sich die meisten durch Einsenken in den Riffsand gegen die Wucht

1) CHALLENGER, Narrative I, S. 204.

2) DARWIN, Korallenriffe. Stuttgart 1876, S. 9, 25, 87.

3) STUDER, Archiv f. Naturgesch. 1879, S. 116.

4) MOEBIUS, Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen. Berlin 1880, S. 36—50.

des brandenden und strömenden Wassers schützen. Auf Steinen findet man *Ostrea violacea*, in feinem Sande *Pinna aciculatera*. Unter allen Thierklassen, welche die Korallenriffe bewohnen, ist keine durch so viele Arten vertreten wie die Schnecken. Man findet auf den Riffen von Mauritius 336 beschalte, und 20 nackte Gastropoden. Es giebt keine Region des Riffes, wo sie fehlten. *Litorina* und *Onchidium* sitzen oft lange Zeit auf den Klippen über dem Wasser, wo sie nur von dem Spritzwasser der Brandung benetzt werden. Kleine *Mitra* graben sich bei Ebbe in den entblösten Kalksand ein, um sich gegen die heissen Sonnenstrahlen zu schützen. Unter den entblösten Steinen findet man verschiedene Arten kleiner Schnecken, und in den Lachen klaren stehenden Wassers, sowie in den Rinne, in denen das überstürzende Wasser der zurückgewichenen Brandung auch bei der tiefsten Ebbe noch binnenwärts fließt, kann man immer auf reiche Ernten von wundervoll gefärbten beschalten und nackten Gastropoden rechnen. Planarien und Gephyreen halten sich gern an rauen, mit Höhlungen versehenen Blöcken auf, welche bei Fluth mit schäumendem Brandungswasser übergossen werden. Gephyreen findet man auch an ruhigeren, mit Kalksand bedeckten Stellen des flachen Riffgrundes. Das Riff ist reich an Dekapoden, bei Mauritius leben 123 Arten. Vor der Mündung des Blackriver findet sich unter Steinblöcken sogar eine Spinne (wahrscheinlich identisch mit der auf den Riffen von Singapore vorkommenden *Desis Martensii*). Die Fischfauna umfasst 471 Arten.

Wenn wir nun erwägen, dass die Mehrzahl solcher ozeanischer Inseln aus dem Grunde der Tiefsee emporgewachsen sind, dass also im Laufe der geologischen Geschichte Tiefseeboden zu Inselgrund geworden ist, so können wir ermessen, welche fundamentale Veränderung aller bionomischen Umstände hier lokal vor sich gegangen ist.

Aber nicht nur das Benthos wird in der Umgebung von Inseln wesentlich reicher und in seiner Zusammensetzung verändert, nein auch das Plankton des umgebenden Meeres erhält einen anderen Charakter, es stellen sich neritische Formen ein. Indem sich der Challenger¹⁾ den Küsten von Neuguinea näherte, traten an der Meeresoberfläche *Noctiluca miliaris* und andere Anzeigen von Küstenbewohnern auf. Die Planktonexpedition²⁾ fand in der Umgebung der Bermudas, besonders im St. Georgshafen eine echte neritische Planktonflora. Zahlreiche Formen, die man im offenen Atlantik nirgends gefunden hatte, traten hier auf, obwohl das amerikanische Festland so weit entfernt ist, dass dieses keine eigentliche Küstenwirkung mehr ausüben kann. Auch quantitativ kam der neritische Reichthum zum Ausdruck.

Das mannichfaltige Bild mariner Existenzbedingungen wird aber an den ozeanischen Archipelen dadurch noch erweitert, dass zu den Bewohnern des tieferen Meeres, die litoralen und festländischen Organismen hinzutreten. Auf vulkanischen, wie auf Koralleninseln bilden sich leicht Relictenseen. Die Lagunen der Atolle, wie die durch Sandbänke abgedämmten Kraterseen erhalten leicht einen brakischen, oder sogar

1) CHALLENGER, Narrative II, S. 679.

2) SCHUETT, Das Pflanzenleben der Hochsee, S. 55.

süssen Wassercharakter. Und so sind auf ozeanischen Inseln alle Bedingungen gegeben für eine Besiedelung der festländischen Areale vom Meere aus. Wir wollen nur erwähnen, dass die litoralen Thiere gerade auf Inseln leicht festländische Lebensweise annehmen. Auf Neuhannover verdienen die Bernhardkrebse ¹⁾ förmlich zu den Landthieren gerechnet zu werden. Ueberall am Boden der Wälder, auf Büschen und Baumstämmen liefen sie mit Gehäusen von *Litorina*, *Nerita* u. s. w. umher einer fand sich sogar 4 km vom Meere entfernt in der Schale einer *Melania* in dem steilen Flussbett des Gebirgszuges. Der Kratersee auf St. Paul bildet einen gesuchten Laichplatz für viele Arten von Seefischen und Krebsen. Auch Meerschildkröten besuchen vielfach ozeanische Inseln, um hier ihre Eier abzulegen, z. B. auf Ascension ²⁾.

Aber wenn die ozeanischen Archipele nur auf die Besiedelung von Seiten des Meeres angewiesen wären, würden sie wohl ziemlich unbelebt bleiben. Die Existenz zahlreicher Landpflanzen und Landthiere auf denselben ist nur durch Einwanderung aus fernen Festländern zu erklären. Als Besiedelungswege der Inseln werden wir in einem späteren Abschnitt die Luft- und Meeresströmungen kennen lernen. Viele Samen und Keime werden auch durch wandernde Zugvögel auf einsame Inseln verfrachtet. Die Landflora ozeanischer Inseln ist charakterisirt ³⁾ durch die Armuth an ursprünglich einheimischen Arten, durch die verhältnissmässig grosse Zahl spezifisch eigenthümlicher Formen, das Vorherrschen der Sporenpflanzen und phanerogamischer Süsswassergewächse, die scheinbar regellose Vertheilung der übrigen Arten unter die verschiedenen Familien, die Beziehungen zum nächsten Kontinent und nach DARWIN durch das Vorkommen von Bäumen und Sträuchern, welche anderwärts nur in krautartigen Typen vorhanden sind. So bildet auf den Azoren *Campanula Vidalii* ein zierliches Bäumchen, die Liliengewächse auf Madeira und den Canaren durch den Drachenbaum vertreten.

Da die ozeanischen Inseln ursprünglich vegetationslos waren, so trägt ihre Landflora immer in gewissem Sinne den Charakter der Zufälligkeit und Unbeständigkeit. Nirgends sind die Beispiele von Verwilderung eingeschleppter Arten so häufig als auf den isolirtesten Inseln. *Psidium pomiferum* ist seit 1815 auf Tahiti so heimisch geworden, dass es Theile derselben mit undurchdringlichem Dickicht überzieht.

Die einheimische Flora ⁴⁾ der Azoren und Bermudas zeigt noch jetzt besondere Anpassungen an die Verbreitung durch Wind und Wasserströmungen oder durch Vögel, und es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass ausser den Arten, welche auf den Inseln leben, viele andere die Inseln erreicht haben mögen, welche entweder nicht die ihnen zusagenden klimatischen Bedingungen hier fanden, oder die Insekten, welche sie befruchten könnten.

Da die Pflanzen viel leichter verbreitet werden können als Thiere und auch langlebiger sind, so repräsentiren sie, in viel höherem Grade als die Fauna, den ursprünglichen Charakter einer Insel.

1) Gazelle I, S. 210 u. 134.

2) Planktonexpedition I, S. 196.

3) KNY, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1867, S. 215.

4) WALLACE, Island Life, S. 263 u. 310.

Freilich die ersten Ansiedler¹⁾ ozeanischer Inseln scheinen nicht, wie man oft meint, Palmen und andere edle Tropengewächse zu sein, sondern parasitische, von Federn und Schmutz lebende Insekten. Auf St. Paul fand nämlich DARWIN 2 Vögel, eine grosse behende Krabbe (*Grapsus*), eine Fliege (*Olfersia*), einen Käfer (*Quedius*), eine Holzlaus unter Vogeldünger und zahlreiche Spinnen, welche wahrscheinlich von diesen Insekten lebten.

Betrachten wir die Fauna ozeanischer Inseln im Allgemeinen, so fehlen alle einheimischen Landsäuger und alle Amphibien. Schlangen sind sehr selten, nur auf den Galapagos leben 2 Arten; auch 5 Arten Eidechsen kommen daselbst vor. Dagegen werden Schildkröten öfters gefunden. Die Vögel sind meist Zugvögel oder Wandervögel. Die Insekten haben in der Mehrzahl der Fälle rudimentäre Flügel; auf den Kerguelen²⁾ leben sogar nichtfliegende Fliegen, und ein Schmetterling der das Flugvermögen eingebüsst hat. Dieser eigenthümliche Flügel-mangel scheint durch die meteorologischen Verhältnisse bedingt zu sein, denn ein Insekt, welches sich in die Luft erhebe, würde den dort herrschenden Westwinden preisgegeben sein, in die See geworfen werden und in kurzer Zeit zu Grunde gehen; nur flügellose Varietäten konnten sich halten.

Ziemlich reich ist die Fauna der Landschnecken auf Inseln vertreten; doch findet man überall spezifische Arten und Gattungen. Die Atlantidische Region³⁾, welche die Azoren, Canaren, Madeira und Capverden umfasst, ist durch *Craspedopoma* charakterisirt, welche nur hier vorkommt. Für St. Helena ist *Helisiga* charakteristisch, für Mahé die Gattung *Mariella*. Für die Sandwichsinseln sind 288 Arten von *Achatinella* bezeichnend, für Tahite 16 Arten von *Patula*.

So können wir in den übereinanderliegenden Lebenszonen an den Abhängen ozeanischer Inseln die biologischen Stadien studieren, welche solche Theile der Tiefsee nacheinander durchlaufen, während sich daselbst durch vulkanische Aufschüttung oder andere Ursachen eine ozeanische Insel bildet. Die Tiefseefauna wird allmählig ersetzt durch Flachseetypen, Pflanzen setzen sich fest und mit ihnen siedeln sich zahlreiche Pflanzenfresser an. Die Untiefe wird zum Festland. Wandernde Seevögel bringen in ihrem Darmkanal Pflanzensamen, an ihrem Gefieder Insekten herbei. Meeresströmungen spülen die Samen littoraler Pflanzen ans Land, Insekten und Vögel werden durch Stürme verschlagen, Landschnecken durch allerlei zufällige Transportmittel herbeigebracht und endlich erhebt sich an Stelle der dunkeln Tiefsee ein reichbewachsener Pic, mit einer seltsam zusammengewürfelten Fauna in die Luft. Süßwasserbäche sammeln sich zu Seen, Wasservögel rasten und bringen neue Einwanderer herbei und die nach der einsamen Insel verschlagenen Gäste wandeln sich unter neuen Umständen zu spezifischen Arten um.

Auf den hervorragenden Einfluss geographischer Absonderung für die Entstehung neuer Arten hat besonders M. WAGNER in vielen Schriften hingewiesen und in einem Aufsatz über die Chorologie der

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers 1875, S. 11.

2) Gazella I, S. 115.

3) P. FISCHER, Manuel de Conchilologie S. 217.

Organismen auf den ozeanischen Inseln ¹⁾ eine Reihe der interessantesten Thatsachen gesammelt. Auf den Inseln der Galapagos-Gruppe sind von 181 einheimischen, durchaus endemischen Pflanzenarten 123 ausschliesslich nur auf einzelnen Inseln gefunden worden, und nur 5 Arten sind allen Inseln gemein. In den meisten Fällen hat jede einzelne Insel ihre eigenthümliche Vegetation in scharfer lokaler Abgrenzung. So hat nach ANDERSSON die Insel Charles 42, Chatam 28, James 24, Albemarle 19 endemische Pflanzenarten.

Die blaue Faraglioneidechse findet sich nur auf einem Felsen südlich von Capri.

Auf der Insel Oahu im Hawaiarchipel kennt man 485 Arten und 800 Varietäten von *Achatinella*, welche fast alle eine lokale Verbreitung haben.

Auf den Galapagos ²⁾ enthält jede der Inseln Albemarle, Charles, James, Duncan und Abingdon eine besondere Art der Schildkröte *Testudo*. Jede einzelne Insel hat ebenfalls nur eine einzige Art der Eidechse *Tropidurus*, und ebenso je eine andere Art der Spottdrossel *Nesomimus*. Bemerkenswerth ist es, dass die Insel Hood die grössten Arten von *Tropidurus* und *Nesomimus* besitzt.

Beweise genug für die Anschauung, dass die räumliche Sonderung ein wichtiger Faktor bei der Bildung neuer Arten ist.

1) M. WAGNER, Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung. 1889, S. 319.

2) BAUR, Beilage zur Allg. Zeitung 1892, Nr. 35.

18. Die geologischen Veränderungen der Meere.

Auf einem Globus von Manneshöhe würde das Weltmeer eine durchschnittliche Tiefe von 0,5 mm besitzen, und die grösste Wassertiefe von 8513 m bei den Kurilen würde etwas über 1 mm betragen. Im Verhältniss zum Erdganzen sind also die Meeresbecken ganz unbedeutende Depressionen, und die Wasserhülle des Ozeans ist eine sehr dünne Haut, welche sich lückenvoll um den Erdball spannt.

Ein Meer besteht aus drei Theilen: erstens dem topographischen Becken, zweitens den jungen Sedimenten, welche den Boden desselben bedecken, drittens dem Meerwasser, welches dasselbe erfüllt. Jedes dieser drei Elemente ist geologischen Veränderungen unterworfen; und wenn auch das bionomische Resultat solcher verschiedenartiger Veränderungen grosse Uebereinstimmung zeigt, so sind doch deren Ursachen von differentem Charakter. Infolgedessen soll es in diesem Abschnitt unsere Aufgabe sein, in kurzen Zügen den Einfluss solcher verschiedenartiger geologischer Veränderungen auf die physikalischen Zustände des Meeres zu schildern, auf das bionomisch gemeinsame Resultat derselben hinzuweisen und die Folgen derartiger Wandelungen für die Faunen und Flora und die verschiedenen Lebensbezirke des Meeres zu skizziren.

Die feste Erdrinde ist keineswegs so unveränderlich, wie wir nach unseren menschlichen Erfahrungen vermuthen könnten. Vielmehr sind die Gesteinsschichten derselben fast überall wiederholten Verschiebungen unterworfen worden. Es bilden sich Bruchspalten, längs deren die aneinanderstossenden Erdschollen sich vertikal verschieben. Die eine Scholle bleibt stehen, die andere sinkt in die Tiefe. Oder der horizontale Plattenstoss aufeinanderfolgender Gesteinsbänke wird zu einer Falte aufgestaut, und dadurch über sein früheres Niveau emporgehoben. Man hat solche Senkungen und Hebungen: Dislokationen genannt und dieselben früher auf vulkanisch hebende Kräfte zurückgeführt. Allein die Arbeiten moderner Tektoniker haben gezeigt, dass zwar in der Schwerkraft eine Ursache von Senkungen zu suchen sei, dass aber zentrifugalwirkende Hebungskräfte nicht existiren. Vielmehr ist die faltende, hebende Bewegung als die Wirkung eines seitlich horizontal erfolgenden Schubes aufzufassen, welcher eine Folge der Kontraktion des erkaltenden Erdinnern sein dürfte.

Dem eintrocknenden und sein Volumen verkleinernden Apfel gleich, dessen zuweit werdende Schale an einzelnen Stellen einsinkt, an anderen sich runzelt, verkleinert auch der Erdball sein Volumen durch Wärmeausstrahlung nach dem Weltenraume, und die erhärtete Erdrinde sinkt hier ein, während sie sich dort zu Faltengebirgen runzelt. Auf einem Globus von Manneshöhe würde das höchste Faltengebirge der Erde, der Himalaja, 1 mm hoch sein, während der Abstand des 2000 m hohen Tafellandes von Arizona gegen den 6000 m tiefen Boden des Pazifik ebenfalls 1 mm betragen würde. Im Verhältnis zum Erdganzen sind also diese Dislokationen sehr geringfügig, so gross auch ihr Ausmaass nach menschlichen Begriffen sein mag.

Wir unterscheiden mit SUESS¹⁾ als Folge der Volumveringerung unseres Planeten: tangentielle und radiale Spannungen im Felsgerüst der Erde, welche sich in horizontale (schiebende, faltende) und vertikale (senkende) Bewegungen zerlegen, und entsprechende Dislokationen erzeugen. Es giebt weite Gebiete, in welchen horizontale Dislokation vorherrscht, und andere, in denen vertikale Dislokationen erfolgt sind: es giebt auch Strecken, in welchen beide gemeinsam erscheinen, und ein innerer Zusammenhang zwischen beiden erkennbar ist.

Dislokation durch tangentielle Bewegung bildet lange Falten, deren Sättel eine Strecke weit hinstreichen und durch andere Falten abgelöst werden. Die Kettengebirge der Alpen, Kordilleren, des Himalaja, des Apennin, des Atlas und vieler anderen Bergländer sind durch tangentielle Bewegung, durch Seitenschub emporgehoben worden.

Dislokation durch Senkung ist nicht die Folge einer nach abwärts gerichteten senkenden Kraft, sondern muss als ein passives Einsinken von Erdschollen unter dem Einfluss der Schwerkraft gedeutet werden. Die stehengebliebenen Erdschollen nennt man Horste, die gesunkenen Gebiete, je nach ihren Dimensionen, Gräben oder Kesselbrüche. In einem normalen Senkungsfeld unterscheidet man zwei Hauptrichtungen der Sprünge. Die peripherischen Spalten umgrenzen das Senkungsfeld gegen die stehengebliebenen Horste, und wiederholen sich auch gegen die Mitte des sinkenden Gebietes. Die radialen Spalten durchschneiden die peripherischen Sprünge. Gegen die Mitte des Senkungsgebietes entstehen kleinere Keile.

Die Bildung der Vulkane ist eine Folge der Dislokation. Es entsteht durch Senkung oder auf andere Art ein Sprung; an einer Erweiterung desselben, oder dort, wo er von einem Quersprung gekreuzt wird, bietet sich die Gelegenheit zur Entlastung der mit gespannten Wasserdämpfen erfüllten Laven, und diese dringen hervor. Explosion und Zerstäubung des Lavamagmas erfolgt, ein Aschenkegel wird aufgeschüttet, flüssige Lava dringt nach, und so baut sich aus abwechselnden Schichten von Aschentuff und Lavaströmen ein Vulkan mit zentralem Krater auf.

Die Meeresbecken sind Senkungsgebiete²⁾. Zwischen den auf dem ehemaligen Niveau stehengebliebenen Horsten der Kontinente brachen Schollenfelder in die Tiefe und bildeten den Boden der Ozeanbecken.

1) E. SUESS, Das Antlitz der Erde I, S. 143.

2) SUESS, I. c. II, S. 679.

Während auf einem früheren Stadium der Erdgeschichte ein gleichmässig tiefes, kontinuierliches Meer den Erdball umgab, ist die Entstehung ausgedehnter Festländer, die dauernde Trockenlegung der Kontinente das Ergebniss von örtlichen Senkungen der Erdoberfläche, welche Fall für Fall einen Theil des Weltmeeres in die neugebildete Tiefe aufgenommen und dadurch die allgemeine Höhenlage des Strandes vermindert haben.

Im Laufe der Erdgeschichte haben beständig faltende und senkende Dislokationen stattgefunden, aber der Ort solcher Bewegungen hat sich beständig verändert, so dass niemals die ganze Erdrinde zu gleicher Zeit disloziert wurde, aber auch niemals eine Zeit existiert haben mag, wo nicht irgendwo Dislokationen erfolgten.

Wenn wir das Wort „Hebung“ nur als den Ausdruck, nicht als die Ursache einer faltenden Dislokation nehmen, so können wir sagen, dass Hebungen und Senkungen in der Erdrinde mit- und nacheinander aufgetreten sind und keine Stelle der Erdrinde verschont haben.

Die jetzigen Umrisse der Meeresbecken sind zu verschiedenen Zeiten entstanden. Während der Pazifik eines der ältesten Senkungsfelder auf der Erde sein dürfte, ist das östliche Mittelmeer und die Grabenversenkung des Rothen Meeres erst am Ende der Tertiärzeit entstanden; und welchem Wandel die Form und die Umrisse des Atlantik und Indik im Laufe der Zeiten unterworfen waren, lässt sich zwar nur fragmentarisch erkennen, aber mit Sicherheit erschliessen.

Wenn irgendwo auf der Erde ein neues Meeresbecken durch Senkung entsteht, oder das Areal eines Ozeans durch Absinken randlicher Schollen vergrössert wird, so erniedrigt sich das allgemeine Meeresniveau auf der ganzen Erde, zu gleicher Zeit aber erhöht sich der Abstand zwischen Meeresboden und Meeresoberfläche über der sinkenden Erdscholle.

Bildet sich dagegen durch Faltung am Meeresgrunde eine gehobene Bodenschwelle, so erhöht sich überall das Meeresniveau, während lokal eine Verkürzung des Abstandes zwischen Grund und Oberfläche eintritt. Die Folgen einer Dislokation sind also verschieden, je nachdem man die lokalen Verhältnisse oder die Zustände des Weltmeeres ins Auge fasst.

Der Boden der auf solche Weise entstandenen topographischen Mulden, wird durch die Thätigkeit des Windes, des Eises, des Wassers, der Vulkane, der Organismen und durch chemische Niederschläge mit Sedimenten bedeckt. Obwohl wir erst im dritten Theil die Sedimentation am Meeresboden zu behandeln haben, so müssen wir doch schon hier die allgemeinen Vorgänge des marinen Absatzes in den Kreis unserer Betrachtung ziehen:

Eine beträchtliche Menge von Staub wird alljährlich durch Winde ins Meer geführt und an den nordafrikanischen Küsten sind Staubbögel weit vom Lande eine nicht seltene Erscheinung.

Das Eis der polaren Gletscher trägt in seiner Grundmoräne Sand und Steinblöcke vom Festland nach dem Meer, und breitet sie am Meeresgrunde aus.

Die Brandung frisst an felsigen Ufern des Meeres, und das zerkleinerte Gesteinsmaterial wird weit hinaus in das Meer entführt.

Alle Flüsse verfrachten Schlamm und Sand aus dem Herzen der Festländer nach dem Meere. Der Ganges¹⁾ denudirt sein Stromgebiet in 1794 Jahren um einen Fuss, und die Menge aller durch Flüsse nach dem Meere transportirten Sedimente erhöht den Boden des Ozeans in 10 000 Jahren um 8 cm.

Wenn die Denudation der jetzigen Festländer durch die Erosion des Süsswassers allein vollzogen würde, so wäre²⁾ Europa in 2 Millionen Jahren bis zum Niveau des Meeres abgetragen, Nordamerika in 3 Millionen Jahren; und dementsprechend wäre der Meeresboden um einen bedeutenden Betrag erhöht worden.

Einen wichtigen Antheil nehmen die vulkanischen Aschen an der Auffüllung des Meeresbodens. Bei vielen vulkanischen Eruptionen ist die Masse der ausgestossenen Lavabestandtheile so gross, dass die ganze Masse des Vulkans „nachsackt“. Der Temboro³⁾ warf bei einer Eruption 300 cbkm Magma aus; die vom Krakatau ausgeworfenen Aschen bedeckten ein Gebiet von der Grösse des deutschen Reiches. Bei der Häufigkeit von Vulkanen an den Rändern und in der Mitte von Meeresbecken ist also die aufschüttende Thätigkeit derselben am Meeresgrunde sehr beträchtlich.

Nicht minder wichtig ist die Sedimentation durch Organismen. Das Wachsen der Korallenriffe, die Anhäufung von Kalkschalen, Kalkalgen und Kieselskeletten von Diatomeen, Radiolarien und Spongien, erhöhen überall den Boden des Weltmeeres.

Endlich gibt es chemische Vorgänge, Absatz von Oolithen, Niederschlag von Kalk in vorhandene Sedimente u. s. w., welche zur Erhöhung des Meeresgrundes beitragen. Dagegen sind Abtragungen frisch gebildeter Sedimente nur in der litoralen Zone oder in dem seichten Wasser der Flachsee von Bedeutung. Die Auflösung der in die Tiefsee hinabfallenden Kalkreste darf jedoch nicht unerwähnt bleiben.

Durch alle die vorhergenannten Vorgänge der Sedimentation wird lokal der Abstand zwischen Meeresboden und Oberfläche verkleinert, während gleichzeitig universell ein Ansteigen des Meeres bewirkt wird. Demgegenüber wird durch die Auflösung kalkiger Reste am Boden der Tiefsee keine Veränderung im Stand des Meeres hervorgerufen, da der gelöste Kalk dann noch im Wasser enthalten ist.

Als dritten Theil der Ozeane haben wir das Meerwasser zu betrachten, welches die Depressionsgebiete der Erde erfüllt. Indem wir uns mit den geologischen Veränderungen dieses Elementes beschäftigen, müssen wir zuerst die Frage untersuchen, ob im Laufe der Zeiten die Masse des Seewassers auf der Erde konstant gewesen ist. Eine Vermehrung der Wassermenge vom Weltenraum her ist ausgeschlossen. Dagegen verdient es Beachtung, dass durch vulkanische Eruptionen aus dem Innern der Erde grosse Wassermengen in die Atmosphäre und endlich auch in das Meer gelangen. Seitdem man Vulkane so fern von der Küste beobachtet hat, dass man einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Eindringen von Seewasser

1) TAYLOR, nach Peterm. Mitth., 1855. Referat.

2) WALLACE, Island Life, S. 209.

3) NEUMAYR, Erdgeschichte I, S. 239.

in das Erdinnere und Vulkanbildung nicht erkennen kann, seitdem man weiss, dass nur die peripherischen Brüche am Rande der Ozeanbecken die Veranlassung für die Bildung von Reihenvulkanen sind, gewinnt der hohe Wassergehalt der bei der Eruption ausgeworfenen Magmamassen eine andere Bedeutung. Und so lässt sich wohl die Anschauung verfechten, dass durch vulkanische Eruptionen die Masse des auf der Erdoberfläche befindlichen Wassers vermehrt wird. Allein im Verhältniss zu der Masse von 1284 Millionen Kubikkilometern des heutigen Meeresvolumen ist wohl der Zuwachs vulkanischer Wasserdämpfe sehr gering.

Der besprochenen Vermehrung steht ausserdem eine nicht unbedeutliche Verminderung des Wasservolumen gegenüber. Die chemische Verwitterung der Gesteine besteht in einer Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser. Mit Ausnahme von den Edelmetallen, von Diamant, und Graphit, verwittern alle Mineralien, und überall werden auf der Erdoberfläche beständig wasserfreie Substanzen hydratisirt. Infolgedessen mag im Laufe der geologischen Vergangenheit eine beträchtliche Menge von flüssigem Wasser bei der Bildung wasserhaltiger Mineralien verbraucht worden sein. Allein, wie in dem Fall der Vermehrung des Wassers durch vulkanische Eruptionen, so ist auch hier eine selbst ungefähre, Schätzung nicht möglich. Immerhin dürften sich beide Vorgänge zum Theil gegenseitig kompensiren, so dass der übrigbleibende positive oder negative Rest eine wesentlich geringere Grösse besitzt.

Da man schon im Cambrium eine lange Küstenlinie und weitverbreitete Seichtwasserablagerungen kennt, so darf man wohl mit einem gewissen Recht für die Formationen vom Cambrium bis zum Tertiär annehmen, dass das Meeresvolumen innerhalb dieser Zeit sich nicht wesentlich bis zur Gegenwart verändert hat. Wenigstens glauben wir nach den Grundsätzen der ontologischen Methode solange an dieser Voraussetzung festhalten zu dürfen, als nicht zwingende Thatsachen eine gegentheilige Annahme fordern.

Das Volumen des Meerwassers seit dem Cambrium als nahezu konstant voraussetzend, können wir jedoch seit jener Zeit sehr wesentliche Veränderungen des Weltmeeres nachweisen, welche nicht so sehr die Masse, als die Vertheilung des Wassers betreffen.

Dass das Meer keine unveränderliche Tiefe und Flächenausdehnung besitzt, und im Laufe der Vergangenheit seine Grenzen vielfach verschoben hat, geht aus den Thatsachen der Geologie unzweideutig hervor. Man führte früher solche Veränderungen der Meere auf eine Auf- und Abbewegung der Kontinente zurück, und erst durch SUESS¹⁾ hat sich die Ueberzeugung mehr und mehr Bahn gebrochen, dass auch das Meer, unabhängig von den Dislokationen, seinen Stand und seine Lage auf der Erdoberfläche verändern kann. Der Wasserstand des Meeres wird beeinflusst durch die Gezeiten, durch die Sonnenwärme, durch den Luftdruck, durch vorherrschende Luftströmungen, durch Zufluss oder Verdunstung in ungrenzten Meeresräumen, durch örtliche Attraktion und andere Ursachen.

1) Antlitz der Erde II, S. 32.

Schon 1852 schrieb v. BRUCHHAUSEN: Der Barometerstand¹⁾ ist kein Maass für Höhenbestimmungen, denn der Barometer steht am Meere sehr verschieden, und die Geognosie hat nicht bloss Hebungen und Senkungen des Meeresgrundes, sondern auch wirkliche Hebungen und Senkungen des Wasserspiegels anzuerkennen. Die Meinung von der Unveränderlichkeit des Meeresspiegels ist widerlegt.

Mit SUSS unterscheiden wir eine abwechselnd und periodisch aufwärts und abwärts gerichtete Bewegung des Meeresspiegels als Oszillation, während wir die, lange Zeit gleichsinnig erfolgende Bewegung des Meeres als Transgression bezeichnen. Die Ursachen der Oszillation dürfen wir in der Verschiebung der anziehenden Massen auf der Erde erblicken. Sobald ein Faltengebirge entsteht, wird die anziehende Masse des Erdkörpers anders vertheilt, und demgemäss stellt sich das Niveau des Meeres anders ein; das Meer steigt an der einen Küste, während es an einer anderen fällt. Wenn aber das Faltengebirge durch Denudation zerstört, abgetragen und als Sediment an Meeresgründe niedergelegt wird, dann vertheilen sich wiederum die anziehenden Kräfte auf der Erdrinde anders, und abermals oszillirt das Meer an den Küsten. So wird durch Dislokation und Vulkanismus, durch Klimaschwankungen und Denudation, durch Sedimentation und Meeresströmungen beständig der Stand des Meeres verändert und in „eustatischen“ Bewegungen auf- und abgeschoben. Eine aufsteigende Oszillation oder eine positive Strandverschiebung verlängert den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche, während eine negative Strandverschiebung der Küste, sich im Schoosse des Meeres als eine Verkürzung der Ozeantiefe ausprägt.

Die Transgressionen sind in ihrer Bewegung gleichsinniger und viel ausgiebiger als die Oszillationen. Noch kennt man nicht die Ursachen derselben. Allein die Aufeinanderfolge der geologischen Formationen bietet eine beträchtliche Anzahl von Belegen dafür, dass zu gewissen Zeiten das Meer seine Grenzen verliess, transgredirend über Festländer hinwegschritt, und nach einiger Zeit ebenso weite Flächen wieder trocken legte. Die geographischen Folgen der Transgressionen sind ganz dieselben wie diejenigen der Oszillationen. In beiden Fällen wird bei positiver Strandverschiebung die Meerestiefe vergrößert, bei negativer Strandverschiebung das Meer verflacht.

Fassen wir alle die bisher besprochenen geologischen Veränderungen der Meere zusammen, so ergibt es sich, dass sie trotz der verschiedenartigen Ursachen doch sehr übereinstimmende Wirkungen haben. Eine Senkung des Meeresbodens, eine positive Oszillation und eine vorschreitende Transgression verlängern den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche. Dagegen wird die Höhe der Wassersäule verkürzt: durch Hebung des Meeresbodens, durch Sedimentation, durch negative Oszillation und durch den Rückzug eines transgredirenden Meeres. Wir werden daher den ersten Vorgang als positiven Meereswandel, die Wirkung der zuletzt genannten Ursachen aber als negativen Meereswandel bezeichnen.

In einem Brief an ASA GRAY schreibt DARWIN²⁾: Ich glaube

1) Neues Jahrb. f. Min. 1852, S. 444.

2) Leben und Briefe Darwins II, S. 119.

es lässt sich zeigen, dass eine Veränderung in den Existenzbedingungen die hauptsächlichste Ursache davon ist, dass das Kind nicht genau seinen Eltern gleicht, und in der Natur zeigt uns die Geologie, was für Veränderungen stattgefunden haben und stattfinden.

Wir wollen daher nun verfolgen, in welcher Weise die genannten geologischen Veränderungen in einer Veränderung der marinen Lebensbezirke zum Ausdruck kommen.

Ein positiver Meereswandel äussert sich auf hoher See in der Verlängerung des Abstandes zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche. Das Wasser wird tiefer. An der Küste dagegen macht sich eine positive Strandverschiebung geltend, wenn es sich um eine Oszillation oder Transgression handelt. Gleichzeitig mit der positiven Verschiebung der Strandlinie erfolgt eine Flächenvergrösserung des Meeres. Das Meer steigt und verbreitert sich auf Kosten festländischer Areale.

Das Litoralgebiet und die Aestuarien werden von einem positiven Meereswandel zunächst und am gründlichsten betroffen. Die bionomischen Grenzen des Litorals gegen die Flachsee und nach dem Festland zu, verschieben sich landeinwärts um so tiefer, je flacher das Küstenland ist. Die Küstenflora wird zurückgedrängt und durch litorale Formen ersetzt, die litorale Thierwelt wandert in das Land hinein.

Auch die Assimilationsgrenze wird gegen das Land hin verschoben und damit das Gebiet der Flachsee verlagert. In den oberen Lebenszonen der Flachsee, welche in geringen Distanzen übereinander liegen, machen sich solche Veränderungen mehr geltend, als in den tieferen Zonen. Der Wechsel der Facies ist beträchtlich in der Flachsee; die vorher durch die Brandung beständig bewegten Seichtwassergründe gelangen in ruhigere Tiefen, und daher wird ihr Sediment nicht mehr geschlämmt. Statt des groben Sandes lagert sich daselbst feinerer Schlamm ab, und die sandbewohnende Fauna tritt ihre Wohnsitze an Schlammthiere ab. Der vorher wechselnde Salzgehalt im Mündungsgebiet grosser Flüsse wird durch die konstante Salinität des Seewassers ersetzt, dafür dringt Salzwasser und Brackwasser stromaufwärts vor. Eurytherme Thiere werden durch stenotherme Formen abgelöst, und indem sich die Vertheilung des Lichtes ändert, wechselt auch die herbivore Fauna ihren Platz.

Riffkorallen, welche bis zu ihrer oberen Vegetationsgrenze emporgewachsen waren, können bei positiver Strandverschiebung weiter emporwachsen.

Auf ozeanischen Inseln werden grosse Areale, die vorher dem Festlande zugehörten, vom Meere bedeckt, und die luftathmenden Ansiedler werden vernichtet, oder müssen sich nach den höheren Gebieten zurückziehen.

Das offene Meer wird in geringerem Maasse durch einen positiven Meereswandel verändert. Wir sahen, dass die Assimilationsgrenze hier nicht mit der unteren Grenze der Algenvertheilung zusammenfällt, dass die Planktonflora, auf Kosten ihrer Reservestoffe, selbst in der aphotischen Region noch leben kann. Infolgedessen wird eine Verschiebung der Assimilationsgrenze nach oben, keine grosse Veränderung des Plankton verursachen. Die Planktonfauna wird vielleicht in dem Ausmaass ihrer vertikalen Wanderungen etwas eingeschränkt, aber sonst nicht betroffen.

Gänzlich unberührt bleibt die Tiefsee von einem Ansteigen des Meeresspiegels. Ein Meeresboden, der 500 m tief liegt, kann nach unten beliebig weit verlagert werden, ohne dass seine Organismenwelt davon etwas merkt. Es werden vielleicht Planktonthiere und Nektonfische nicht mehr den Boden besuchen, es wird wahrscheinlich die Ernährung des Gebietes erschwert, aber nach wie vor sinken die absterbenden Planktonwesen zum Boden hinab, nach wie vor werden ihre Reste am Boden aufgehäuft, und geologisch oder paläontologisch ist ein Unterschied kaum nachzuweisen.

Ein negativer Meereswandel äussert sich im Schoosse des Meeres als eine Verkürzung des Abstandes zwischen Oberfläche und Boden. Am Ufer erfolgt eine negative Strandverschiebung bei jeder Oszillation oder Transgression. Das Meer wird flacher und das Festland wächst.

Während ein positiver Meereswandel die geographische Vertheilung des Halobios verändert, zu gleicher Zeit aber ihm neue Lebensbezirke schenkt, Wanderungen und Variationen veranlasst, wirkt ein negativer Meereswandel auf das Benthos vernichtend. Wurde vorher das diaphane Gebiet vergrössert und damit die Nahrungsquellen des Halobios vermehrt, so findet jetzt das Gegentheil statt. Das Litoral kann zur Flachsee werden, ohne dass seine Organismenwelt aussterben muss; es werden vielleicht manche stenophotische Wesen gezwungen auszuwandern, allein die Möglichkeit einer Anpassung ist offen. Wenn aber die Flachsee zum Festland wird, dann müssen alle Formen aussterben, welche nicht im Stande sind, vom Wasserleben in das Landleben überzugehen. Und so bedeutet ein negativer Meereswandel direkt eine Schädigung des Halobios.

Während die Mangrove und andere litorale Floren gegen das Meer vordringen, zieht sich die Meeresflora in die Tiefe, und alle benthonischen Formen müssen sterben. Auch die Fanna des sessilen Benthos leidet sehr unter dem Wechsel der bionomischen Bedingungen, und nur vagiles Benthos kann sich neue Wohnplätze suchen. Wären nicht die Planktonlarven meroplanktonischer Formen vorhanden, so würde das Aussterben viel intensiver sein müssen.

Zwar werden Untiefen zu Inseln, aber lange dauert es, bis verschlagene Irrgäste des Geobios nach dem kahlen Inselboden gelangen. Korallenriffe sterben ab, sie wachsen nur noch seitlich weiter, und mit ihnen gehen viele Formen zu Grunde, welche auf Korallenriffen lebten.

Der Zuwachs, den Aestuarien durch eine negative Strandverschiebung erhalten, wird durch die Strömung des Flusses rasch ausgegilt, und überall macht sich ein schädigender Einfluss geltend.

Vom Strand bis 200 m Tiefe konnten wir leicht verschiedene Zonen oder wenigstens Regionen des organischen Lebens unterscheiden; und nach dem Ufer zu sind die Unterschiede von 10 zu 10 m so bedeutend, dass eine Strandverschiebung von 50 m, welche auf offener See vollständig unbemerkt bleibt, sofort die ganze Vertheilung der Thiere und Pflanzen umgestaltet. Die diaphane Region verschiebt sich nach der Tiefe zu, und daher migriert die benthonische Flora in tiefere Regionen. Mit ihr muss die Gesellschaft aller Pflanzenfresser ihren Wohnort wechseln und neue Wohnsitze besiedeln. Eine neue Ver-

theilung der Facies des Meeresgrundes verursacht neue Wanderungen, neue Anpassungen, neue Varietätenbildung — Alles das spielt sich aber nicht übereinander, sondern nebeneinander ab.

Das Plankton des offenen Meeres wird durch eine negative Strandverschiebung nur da verändert, wo durch dieselbe eine Untiefe zum Inselarchipel wird; und alle jene Veränderungen der organischen Welt, welche mit der Inselbildung verknüpft sind, und im vorigen Abschnitt geschildert wurden, treten in Kraft.

Wenn die zentralen Theile eines Ozeans ganz gleichmässig zur Tiefsee abfallen, so muss auf offener See eine sehr bedeutende Verkürzung der Wassersäule eintreten, ehe irgendwelche bionomische Veränderung erfolgt. Das Wasser des offenen Meeres zerfällt nur in zwei Regionen, das diaphane Gebiet bis 400 m, und die darunter liegende aphotische Region. Benthonisches Pflanzenleben ist sogar nur in Tiefen von 200 m reichlich entwickelt. So lange also die Verkürzung der Wassersäule nicht so andauernd ist, dass die Tiefsee bis 200 m heraufrückt, so lange wird die eigentliche Tiefsee von jenen geologischen Veränderungen nicht beeinflusst. Nach wie vor bleibt sie ein abgeschlossenes Gebiet der Ruhe und der Stetigkeit.

Sobald die physikalischen Bedingungen¹⁾ sich verändern, wird das bionomische Gleichgewicht der Fauna und Flora gestört. Unpassende Thiere vermindern sich und sterben aus, passende verbreiten sich über neue Wohnflächen. Indirekt werden dadurch andere Thiere und Pflanzen beeinflusst, welche durch Nahrung, Schutzmittel, Mimicry, Symbiose und andere Umstände mit jenen verbunden sind; und diese Veränderung im Bestand der Organismenwelt vollzieht sich so lange, bis wieder ein bionomischer Gleichgewichtszustand erreicht ist.

Und so müssen wir, da die äusseren Umstände überall und jeder Zeit sich wandeln, die Organismenwelt einer bestimmten Region, jede Flora und jede Fauna mit WALLICH als aus zwei Theilen zusammengesetzt ansehen. Der ältere Theil der Formen gehört zu den Bewohnern der betreffenden Lokalität unter früheren, anderen bionomischen Verhältnissen. Dieser Theil ist ein Relikt, ein Rest einstiger Blüthe. Der jüngere Theil des Organismenkreises besteht aus frischen Einwanderern, welche, aus anderen Lokalitäten kommend, von neuen Wohnplätzen Besitz ergriffen haben.

Unter 64—180 m²⁾ verliert die Fauna der tropischen Westküste Afrikas ihren gemischten Charakter und wird durch Arten repräsentirt, welche dem Nordatlantik und dem Mittelmeer angehören. Einzelne Arten, welche in der Pliozänzeit noch in den nördlichen Gebieten lebten, haben sich hier noch erhalten. Dies deutet auf ein langes Bestehen einer ostatlantischen Küstenlinie bis gegen den Aequator. Hätte eine Verbindung der Tropenküsten von Afrika nach Amerika existirt, so müssten, bei langsamer Senkung dieser Brücke, gerade an den tieferen Stellen sich die korrespondirenden Arten erhalten haben.

So lässt die Zusammensetzung einer lokalen Fauna interessante Schlüsse zu, auf die Geschichte eines Meeresbeckens. Auch die Flora bietet werthvolle Aufschlüsse. Nach ASCHERSON³⁾ machen es die

1) WALLACE, *Island Life*. S. 219.

2) STUDER, *Zool. Anzeiger* 1882, S. 356.

3) PETERMANN'S *Mitth.* Bd. 17, S. 241.

grösstentheils getrennten Gattungen der Seegräser wahrscheinlich, dass diese bereits zu einer Zeit existirten, wo eine andere Vertheilung von Wasser und Land Verbreitungswege offen liess, welche gegenwärtig geschlossen sind. Dagegen deuten die zusammenhängenden Gebiete der meisten Arten darauf hin, dass diese erst von einer Zeit datiren, in welcher die Begrenzung der Meeresbecken und die klimatischen Bedingungen dieselben waren. Das Mittelmeer und das Rothe Meer haben keine einzige Art miteinander gemein:

Mittelmeer:	<i>Cymodocea nodosa</i>	Rothes Meer:	<i>Cymodocea rotundata</i>
	<i>Zostera marina</i>		— <i>serrulata</i>
	— <i>nana</i>		— <i>isoetifolia</i>
	<i>Posidonia oceanica</i>		<i>Enhalus acoroides</i>
			<i>Thalassia Hemprichii</i>
			<i>Halodule australis</i>
			<i>Halophila stipulata</i>
			— <i>ovalis</i> .

Wenn wir aber bedenken, dass die Veränderungen der bionomischen Verhältnisse nicht immer so rasch vor sich gehen, dass entsprechende Veränderungen der Flora und Fauna sofort erfolgen, sondern dass diese letzteren immer etwas verzögert eintreten, so wird uns der Gedanke nahe gelegt, dass selbst durch eine Reihe von Formationen hindurch, Nachwirkungen einstiger Zustände sich geltend machen.

Für Nordamerika konnte J. DANA¹⁾ zeigen, dass gewisse Züge der Erdoberfläche schon in archaischer Zeit angelegt wurden, und dass infolgedessen: archaische Existenzbedingungen ihren Einfluss auf die ganze folgende Erdgeschichte ausüben mussten.

Und so gewinnt die Erdgeschichte für uns eine neue höhere Bedeutung. Wir sehen in ihr nicht mehr eine Reihe isolirter Faunen und Floren; die aufeinanderfolgenden Gesteinsschichten sind uns nicht scharf getrennte Etagen, sondern wir verknüpfen das Alluvium mit dem Cambrium durch unzählige Fäden, und suchen den vielverschlungenen Verlauf derselben durch die Reihe der übereinanderliegenden, verschiedenen Erdperioden zu verfolgen.

1) Americ. Journal 1890, I, S. 382.

19. Die Wanderungen der Thiere.

In dem vorigen Abschnitt haben wir eine Reihe von Vorgängen besprochen, welche das Verhältniss zwischen einer Gruppe von Existenzbedingungen und einer Fauna dadurch verändern, dass die Thierwelt ihre Wohnsitze beizubehalten sucht, während sich die bionomischen Umstände verschieben und verwandeln. Jetzt wollen wir den umgekehrten Fall ins Auge fassen, wenn die lokalen Lebensbedingungen konstant bleiben, dagegen die Fauna ihre Wohnstätte verändert.

Die Wanderungen der Landthiere, welche ziemlich genau erforscht sind, müssen manche Lücken ergänzen, die unsere Kenntniss von der Wanderung der Meeresthiere noch bietet.

Als Heimath¹⁾ eines Thieres müssen wir diejenige Stätte bezeichnen, wo es sein Leben empfängt, und wo es Leben verbreitet. Nicht immer, aber häufig fällt die Heimath eines Thieres mit demjenigen Ort zusammen, wo die betreffende Art entstanden ist.

Von dieser Heimathstätte aus unternehmen sehr viele Thiere aus allen Klassen mehr oder minder ausgedehnte Wanderungen, welche wir in periodische und migratorische eintheilen wollen.

Die periodischen Wanderungen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie nach einer bestimmten Zeit zu dem Ausgangspunkt zurückkehren, und dass sie sich in gewissen Zeitabschnitten wiederholen. Die Ursachen derselben sind entweder der Wechsel der Jahreszeiten oder der zeitweise auftretende Fortpflanzungstrieb, oder der Wechsel des Lichtes.

Mit Beginn der kälteren Jahreszeit ziehen die Vögel der nördlichen Breiten nach dem wärmeren Süden. Es ist wesentlich ²⁾ der Mangel an Insekten, welcher die Vögel unserer Breiten veranlasst nach Süden zu ziehen.

Nicht minder wichtig ist der Fortpflanzungstrieb für gewisse periodische Wanderungen der Thiere. Viele Vögel sammeln sich zur Zeit der Paarung, um gemeinsam zu brüten. In zahllosen Schaaren bedecken Seevögel die einsamen Inseln, um ihre Eier abzulegen. Meeresschildkröten kommen zur Zeit der Fortpflanzung in Menge

1) V. HOMEYER, Die Wanderungen der Vögel 1881, S. 149.

2) MALM, Archiv für Naturgeschichte 1878, S. 159.

nach dem sandigen Strande der brasilianischen Küste oder nach einsamen Inseln, um dort ihre Eier im Sande zu vergraben. Viele Fische, welche im Mündungsgebiet der Flüsse leben, steigen in deren Oberlauf, um dort zu laichen, während andere Flussfische ins Meer hinabwandern, wenn sie ihre Eier ablegen wollen. Zu Millionen finden sich manche Meeresfische in dichten Zügen zusammen, um geschützte Buchten als Laichplätze aufzusuchen. Zur Zeit der Geschlechtsreife sammeln sich Seeigel bei Triest in grossen Schaaren an Stellen, wo sie vorher ganz vereinzelt gefunden wurden. Solche Wanderungen dürften bei vielen andern Thieren ebenfalls vorhanden sein.

Der Wechsel des Lichtes veranlasst die periodischen, vertikalen Wanderungen des Plankton. Wie wir früher auseinandergesetzt haben, ist es besonders der Heliotropismus, welcher die Planktonorganismen bald in höhere, bald in tiefere Wasserschichten führt. Bei Tage und selbst in mond hellen Nächten ist die Oberfläche des Meeres überaus thierarm, dagegen steigen mit Eintritt der Dunkelheit alle die zarten Formen empor, um das Meerleuchten zu erzeugen.

Den genannten und manchen ähnlichen Ortsveränderungen von periodischem Charakter stehen die migratorischen Wanderungen gegenüber. Dieselben lassen keine Periodizität erkennen, ebensowenig kehren die migrirenden Thiere nach einem gewissen Zeitraum in ihre Heimath zurück, sondern es handelte sich um dauernde Besiedelungen neuer Wohnplätze, um eine Veränderung der Heimath.

Die migratorischen Wanderungen sind von verschiedenem Charakter, je nachdem die Wanderer Bewegungsorgane besitzen oder nicht. Plankton, Samen, Keime, Dauersporen können nur, dem Laufe der Wind- oder Wasserbewegungen folgend, wandern, während vagiles Benthos oder Nekton und alle Landthiere selbstständige Wanderungen unternehmen können. Infolgedessen müssen wir passive und aktive Migrationen unterscheiden.

Die passiven migratorischen Wanderungen oder passiven Migrationen umfassen wohl die grosse Mehrzahl der Ortsveränderungen von Meeresthieren, denn die meisten derselben besitzen ein meroplanktonisches Jugendstadium, sofern sie nicht holoplanktonisch sind, und selbst die grössten nektonischen Thiere, wie Fische und Wale, sind in ihrem Leben so abhängig von planktonischer Nahrung, dass sie bei ihren Wanderungen immer durch die Verbreitung des Plankton beeinflusst werden dürften. Selbst die Besiedelung ozeanischer Inseln durch Landthiere und Landpflanzen, vollzieht sich gewöhnlich durch passive Migration. Nur in wenigen Fällen hat man bisher einzelne Migrationen vom Verlassen der alten Heimath bis zur Besiedelung neuer Wohnplätze durch spezielle Untersuchungen verfolgen können. Die Mehrzahl der Beobachtungen bezieht sich auf passiv treibende Organismen, welche man auf ihrer Reise angetroffen hat. In dem Abschnitt über Strömungen sind solche Beispiele mitgetheilt.

Die aktiven Migrationen sind von den passiven in der Praxis, aus den obenangeführten Gründen, schwer zu trennen, und dürften wohl nur auf dem Festland eine grössere Bedeutung besitzen.

Das einzige genauer untersuchte Beispiel von Migrationen einer marinen Fauna bietet der Sueskanal, der in dieser Hinsicht von

C. KELLER zum Gegenstand einer besonderen Monographie¹⁾ gemacht worden ist.

Am Isthmus von Sues kamen vor der Durchstechung zwei durchaus verschiedene Faunen unvermittelt auf 150 km nebeneinander. Im Norden der Landenge findet man die mediterrane Fauna, so wie sie am Strande von Marseille, Venedig oder Triest lebt; im Süden bei Sues dagegen die Fauna der indopazifischen Provinz mit völlig tropischem Charakter. Mit dem 1869 erfolgten Durchstich wurde eine Brücke für die getrennten Faunen hergestellt, und ein Austausch der Arten konnte erfolgen.

Der Schiffahrtskanal ist nicht kontinuierlich, sondern wird durch mehrere Isthmus-Seen geführt; ein Umstand, der die Einwanderung der Thierwelt nicht unwesentlich modifiziert. Im Norden ist der seichte Menzalehsee, der sich erst in historischer Zeit gebildet hat, dann folgt der Ballahsee, bei Ismailja der Timsahsee, der vordem nur aus mehreren seichten Lagunen bestand, jetzt aber etwa eine Stunde lang ist, und südlich vom Serapenm, das früher fast trocken liegende, jetzt 35 km lange Becken der Bitterseen, welches 1869 von beiden Meeren aus gleichzeitig besiedelt worden ist.

Wenn im Laufe von 12 Jahren nur eine geringe Zahl von Arten die ganze Länge des Kanals durchwandert haben, so liegt die Ursache an mehreren Faktoren.

Zuerst ist die Facies des Kanals ein sandig-mergeliger Boden, welcher für viele Arten ungünstige Bedingungen darbietet. Ausserdem wirken die eingeschalteten Seen durch ihre Grösse verzögernd auf das Weiterwandern. Dann ist der Schiffverkehr für manche Arten, welche ruhiges Wasser lieben, zu störend; die von Norden und Süden einlaufenden Strömungen, welche den durch die Verdunstung im Kanal erzeugten Wasserverlust ersetzen sollen, begünstigen zwar das Wandern der Fauna bis zur Mitte, von da ab aber sind sie ein Hemmniss weiteren Vordringens. Endlich ist der Salzgehalt in der Tiefe des Kanals so bedeutend, dass dadurch stenohaline Formen abgehalten werden. Im Timsahsee ist es geradezu auffallend, wie die Milliarden von Weichthieren nur in der äusseren Uferzone leben.

Während über das Wandern der Medusen durch den Kanal noch Zweifel herrschen, sind wahrscheinlich zwei Schwämme: *Lessepsia violacea* und *Amorphina isthmica* vom Mittelmeer bis zu den Bitterseen gewandert.

Von Würmern sind *Enoplus*, *Nereis* und *Sabella* aus dem Mittelmeer bis zum Timsahsee vorgedrungen.

Die Echinodermen scheinen keine Neigung zu besitzen, in den Kanal einzuwandern.

Von Krebsen ist *Balanus miser* aus dem Mittelmeer bis zu den Bitterseen, *Sphacroma serrata*, *Gammarus* und eine Krabbe bis zum Timsahsee gelangt.

Weitaus das stärkste Kontingent der wandernden Arten liefern die Mollusken. Eine an Individuen und Arten ziemlich reiche Kara-

1) C. KELLER, Die Fauna im Suezkanal. Denkschr. der schweizer. Ges. für Naturw. 1882.

vane zieht vom Rothen Meer nach Norden, eine kleinere Karavane in umgekehrter Richtung.

Vom Mittelmeer aus sind:

<i>Cardium edule</i>	bis zum Bittersee
<i>Solen vagina</i>	" " Timsahsee
<i>Pholas candida</i>	" " el Guisir, nahe am Timsahsee
<i>Ostrea bicolor</i>	" " Timsahsee
<i>Cerithium conicum</i>	" " Rothen Meer bei Sues gewandert.

Vom Rothen Meere aus sind:

<i>Ostrea Forskalii</i>	bis zu den Bitterseen
<i>Melcagrina margaritifera</i>	" " 50 km weit
<i>Mytilus variabilis</i>	" Portsaid
<i>Macra olorina</i>	" "
<i>Circe pectinata</i>	" zum südlichen Bittersee
<i>Anatina subrostrata</i>	" über den Timsahsee
<i>Chama Corbieri</i> (?)	" zu den Bitterseen
<i>Arca sp.</i>	" " " "
<i>Tellina sp.</i>	" " " "
<i>Psammobia sp.</i>	" " " "
<i>Cerithium scabridum</i>	" el Kantara
<i>Murex crassispina</i>	" zu den Bitterseen
<i>Fusus marmoratus</i>	" " " "
<i>Strombus tricornis</i>	" " " "
<i>Fissurella Ruppellii</i> (?)	im südlichen Kanal
<i>Trochus Pharaonis</i>	bis zu den Bitterseen vorgedrungen.

Von Fischen sind:

Solea vulgaris
Umbrina cirrhosa
Labrax lupus

aus dem Mittelmeer bis nach Sues gelangt, während

<i>Clupea quadrimaculata</i>	<i>Caranx macrophthalmus</i>
<i>Caranx sanson</i>	<i>Mugil ocellatus</i>
<i>Platycephalus insidiator</i>	<i>Crenidens Forskalii</i>
<i>Cheilinus quinquevinctus</i>	<i>Pristipoma stridens</i>

und *Ostracion culicus*

mehr oder weniger weit in den Kanal vom erythräischen Gebiet eingedrungen sind.

Aus allen diesen Thatfachen geht hervor, dass nur litorale Formen in Migration begriffen sind.

Diejenigen Mollusken des Mittelmeeres, welche schon in einer früheren Erdepoeche in das Rothe Meer einwanderten und dort eine Umbildung erfuhren, zeigen keine Neigung zur Rückwanderung, sondern die Migration erfolgt nur von dem ursprünglichen Verbreitungsherd aus. *Cardium edule*, welches sich im Golf von Sues zu *C. isthmicum* umgebildet hat, wandert nicht wieder zurück.

Im Allgemeinen haben grössere Raubthiere des Litorals wie Krebse, Selachier, Cephalopoden noch nicht zu wandern begonnen. Diese Thatfache belegt die schon oben angedeutete Ansicht, dass die Bewegungsorgane des Nekton keineswegs eine höhere Wanderfähigkeit bedingen.

TODD fand eine grosse *Unio* festgeklammert am Unterkiefer einer Schildkröte.

*Mytilus crenatus*¹⁾ wurde durch das Schiff Wellesley 1824 von Bombay nach Portsmouth eingeschleppt, und hat sich hier eingebürgert.

Ein interessantes Beispiel von Migriren einer ganzen Fauna wird von der Normandie berichtet²⁾. An der Küste von Colleville bemerkten die Fischer in den Jahren 1823—24 so viele Individuen von *Cardium edule* und *Donax unatimum*, dass man den Fuss nicht setzen konnte, ohne auf sie zu treten. Im März 1825 sah man ebenda innerhalb 3 Miles vom Strande fast gar keine mehr.

Wahrscheinlich vollziehen sich eine Menge derartiger Wanderungen beständig am Meeresgrunde, ohne dass wir davon Kenntniss erhalten. Wenigstens spricht die Vertheilung der Fossilien in den meisten aufeinander lagernden Erdschichten dafür, dass die Faunen der ausgestorbenen Meere in einer ununterbrochenen Wanderung begriffen waren.

Im Laufe unserer früheren Betrachtungen haben wir uns bemüht zu zeigen, dass die Lebensgenossenschaften des Meeres durch bestimmte äussere und innere Existenzbedingungen charakterisirt werden. Auch die einzelnen Floren und Faunen sind abhängig von bestimmten bionomischen Verhältnissen; und in dem folgenden Theil wird man eine grosse Reihe von Thatsachen finden, welche lehren, dass auch die einzelnen Gattungen und Arten gewisse äussere Umstände vorziehen und zu ihrem Gedeihen bedürfen.

Wir verstehen unter Medium die Summe der Existenzbedingungen einer Art, Gattung, Familie, einer Fauna oder Flora, oder eines Lebensbezirkes.

Zwischen den Organismen und dem ihnen zusagenden, für sie nothwendigen Medium bestehen gewisse räumliche Beziehungen, welche darin zum Ausdruck kommen, dass eine bestimmte organische Genossenschaft und ein bestimmtes Medium örtlich zusammen gefunden werden.

Allein dieses räumliche Verhältniss kann in zweifacher Weise einem Wechsel unterworfen werden.

Ein passiver Wechsel des Mediums findet statt, wenn eine bestimmte Fauna oder Flora ihren Wohnsitz beibehält, während sich die äusseren Umstände verändern. Die Folge davon ist, dass die Fauna sich durch Auslese den neuen Verhältnissen anpasst, oder ausstirbt.

Als die Ostsee durch einströmende Flüsse ausgesüsst wurde, mussten die Austern, welche früher darin gediehen, zu Grunde gehen und finden sich nur noch fossil. Indem die Eisgrenze der Diluvialzeit nach Norden zurückwich und die Schottischen Meere von wärmeren Fluthen erreicht wurden, starben eine Anzahl Mollusken aus, die vorher dort gelebt hatten. *Pecten islandicus* findet man beim Dredgen im Firth of Clyde häufig unter den Resten lebender Arten, obwohl er dort heutzutage nicht mehr lebendig gefunden wird.

Die geologisch so oft beobachtete Ueberlagerung verschiedener Sedimentschichten mit verschiedenen Faunen ist nur der Ausdruck dafür, dass mit dem Wechsel der Facies auch die Fauna lokal aussterben

1) WILCOX, Brit. Ass. Rep. 1833, S. 448.

2) JAMES, Edinb. philos. Journal 1830, IX, S. 384.

musste, um einer neuen Facies mit einer anderen Fauna Platz zu machen.

Der aktive Wechsel des Mediums, welcher dieselben Folgen wie der passive Wechsel hat, äussert sich in der Migration der Organismen. Auch in diesem Falle verändert sich das räumliche Verhältniss zwischen Organismen und Medium, nur dass hier das Medium seinen Ort beibehält, während die Fauna oder Flora wandert.

Auf einer Bank in der Irischen See, welche FORBES¹⁾ mehrere Jahre hindurch faunistisch studirte, siedelte sich während dieser Zeit *Fissurella gracca* in zahlreichen erwachsenen Individuen an. Da kein einziges Junges beobachtet wurde, so muss eine aktive Wanderung der Thiere stattgefunden haben, und da die Umgebung jener Muschelbank eine andere Wassertiefe und andere Facies besass, so wechselte die *Fissurella* ihr Medium. Während in diesem Fall keine Formveränderung der Art eingetreten ist, scheint in vielen anderen Fällen der Wechsel des Mediums eine Variation, und Auslese neuer Arten zu veranlassen.

Die grössere Veränderlichkeit²⁾ der Arten mit weiten Verbreitungsgebieten als der mit beschränkter Verbreitung leitete DARWIN zu der Folgerung, dass die Variabilität in direkter Beziehung zu den Lebensbedingungen stehe, welchen jede Art mehrere Generationen hindurch ausgesetzt gewesen ist. Veränderungen des Mediums wirken auf zweierlei Weise: direkt wirken sie auf den ganzen Organismus oder auf einzelne Theile umgestaltend, indirekt wirken sie auf die Fortpflanzung ein.

Später hat M. WAGNER³⁾ die räumliche Absonderung durch Migration zum Ausgangspunkt einer besonderen Theorie gemacht, welche bei der Erklärung der Artbildung das Hauptgewicht auf die durch Wanderungen erzeugte Isolirung legt. Es lässt sich nicht verkennen, dass die Isolirung eine bedeutungsvolle Rolle spielt, allein die natürliche Auslese dürfte immer das wesentlichste Moment bei der Entstehung neuer Arten sein.

1) Ann. Mag. Nat. Hist. 1840, S. 217.

2) DARWIN, Entstehung der Arten. Stuttgart 1876, S. 157.

3) WAGNER, Die Darwin'sche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen 1868.

20. Die Korrelation der Lebensbezirke.

Es ist das Fundamentalproblem der Erdgeschichte, aus den lückenhaften Berichten früherer Perioden ein annähernd richtiges und vollständiges Bild der damaligen anorganischen und organischen Zustände zu zeichnen; und die letzte Aufgabe vorliegenden Werkes soll es sein, den forschenden Geologen die Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung überwinden zu helfen. Derselbe Weg, den die Paläontologie mit so grossem Erfolg betreten hat, steht auch der Geologie offen. Der Paläontologe findet von den mannigfaltig zusammenhängenden Organen eines Wirbelthieres nur das Knochenskelett. Die Knochen liegen meist fragmentarisch und in einer anderen Ordnung im Gestein, als ihre Lage im Thiere war. Nur durch eine sorgfältige Prüfung recenter verwandter Gattungen kann der Paläontolog das Skelett vorweltlicher Thiere aufzustellen, ja sogar zu ergänzen wagen. Der Abguss der Schädelhöhle giebt ihm Rechenschaft von der Form und Grösse des Gehirnes, die Zähne geben ihm Merkmale zur Beurtheilung der Eingeweide, und die Vorsprünge und Vertiefungen der Knochen setzen ihn in den Stand, auch die Entwicklung des Muskelsystems zu beurtheilen, obwohl von Nerven, Eingeweiden und Muskeln kein Ueberrest vorhanden ist. Indem der Paläontolog die Korrelation der Organe im lebenden Thiere untersucht, kann er die Bruchstücke eines ausgestorbenen Organismus zusammensetzen, und die Lücken paläontologischer Ueberlieferung ergänzen. Nur dadurch wird es ihm möglich, die vorweltlichen Reste in das System der Thiere richtig einzuordnen.

Auch der Geologe sieht vor sich die lückenvoll überlieferten Reste einstiger Meere und Festländer, Inseln und Gebirge, Vulkane und Korallenriffe. Auch er möchte sich ein Urtheil bilden über die Zusammenhänge der so lückenhaft überlieferten Erscheinungen. Das kann er nur thun, indem er scharf beobachtet und richtig ergänzt.

Aber es kommt nicht nur darauf an, dass man beobachtet, sondern was man beobachtet. Wenn wir schon bei der descriptiven Arbeit im Stande sind, Wesentliches von Unwesentlichem, Nothwendiges von Zufälligem zu unterscheiden, so wird dadurch die genetische Diskussion der Thatsachen sehr gefördert.

Noch schwieriger aber ist es, richtig zu ergänzen. Hier kann nur die sorgfältigste Kenntniss der Korrelation der gegenwärtigen

Erscheinungen unser Lehrmeister sein. Ein Paläontolog, welcher aus den zufällig zusammenliegenden Extremitäten zweier Reptilien ein sechs-beiniges Wirbelthier ergänzen wollte, würde gerechten Bedenken begegnen; und doch werden auf historisch-geologischem Gebiet viele ähnliche Verstöße gegen die naturwissenschaftliche Wahrheit gemacht, die nur deshalb ungerügt bleiben, weil die recenten Erscheinungen bei erdgeschichtlichen Untersuchungen viel zu wenig Berücksichtigung finden und viel zu wenig bekannt sind.

Wir haben im Laufe unserer bisherigen Betrachtungen an der Hand zahlreicher Beispiele die marinen Existenzbedingungen und Lebensbezirke besprochen und uns bemüht, immer auf die ökonomischen Zusammenhänge der Erscheinungen hinzuweisen. Der Geologe, welcher Erdgeschichte treiben will, muss nicht nur im Stande sein, aus einer Spongiennadel einen Schluss zu ziehen auf die systematische und biologische Stellung der betreffenden Gattung, sondern er muss mit ebensolcher Sicherheit aus den Ablagerungen eines Meerestheiles einen Schluss ziehen können auf die Lebensbezirke, welche nothwendig mit den Existenzbedingungen jener kleinen Lokalität zusammenhängen. Und wenn er die Faunen eines bestimmten Zeitabschnittes ausnahmslos für Tiefseebildungen erklären wollte, dann irrt er ebenso sehr, als wenn ein Paläontolog behaupten würde, dass ein fossiles Wirbelthier keinen Schädel gehabt habe und kopflos herumgewandert sei — nur weil man den Schädel zufällig noch nicht gefunden hat.

Die Korrelation der Lebensbezirke ist daher ein ebenso wichtiges Gesetz für den Geologen, als die Korrelation der Organe dem Paläontologen unentbehrlich ist.

Im Raum der Gegenwart liegen die Lebensbezirke nebeneinander, in der Zeit der geologischen Vergangenheit folgen sie übereinander. Infolgedessen müssen wir ihre Korrelation nach diesen beiden Gesichtspunkten besprechen.

Die Korrelation der Lebensbezirke im Raume knüpft in erster Linie an einen physiologischen Vorgang an. Die Assimilation gefärbter Pflanzentheile im Licht ist, wenn nicht die einzige, so doch die wichtigste Nahrungsquelle im Meer. Infolgedessen ist die diaphane Region dasjenige Gebiet, welches alle anderen mit Existenzmitteln versorgt und die Existenz der übrigen Gebiete möglich macht. Ein Meer kann nicht nur aus Tiefsee bestehen, und die Organismenwelt eines solchen kann sich nicht nur aus Thieren zusammensetzen.

Das einfachste Meer, welches denkbar ist, besteht aus Litoral und Flachsee. Und wenn wir in den versteinerten Ueberresten eines solchen Meeres keine Spur einer Pflanze finden, so verlangt doch die Korrelation der bionomischen Verhältnisse, dass in diesem Meer Pflanzenwuchs existirt hat.

Andererseits ist der Fund pflanzenreicher Ablagerungen in der Regel, besonders wenn es sich um Meerespflanzen handelt, ein Beweis für die Nähe der diaphanen Region. Die Reste von Landpflanzen finden sich dagegen auch in der aphotischen Region, wie die Beobachtungen im östlichen Pazifik lehren.

Jedes Meer und jeder Meerestheil, welcher nur unvollkommen mit dem offenen Meere verbunden ist, zeigt Aenderungen in seinem Salzgehalt und damit Aenderungen seiner Organismen. Mag der Salz-

gehalt „unselbständiger Meeresräume“ grösser oder kleiner werden, jedenfalls prägt sich Solches in seiner Fauna und Flora aus.

Wenn wir oben zeigten, dass Litoral, Flachsee und eine Flora die einfachsten Elemente eines Meeres genannt werden müssen, so kann sich naturgemäss dieses Bild leicht mannichfaltiger gestalten.

Indem die Fläche des Meeres grösser wird, tritt das offene Meer zu den bestehenden Lebensbezirken hinzu. Zu der litoralen, benthonischen und neritisch-planktonischen Flora gesellt sich das ozeanische Plankton. Während sich die Tiefe des Meeres vergrössert, bildet sich unterhalb der Assimilationsgrenze eine Tiefsee, welche von der Flachsee und dem offenen Meere aus, mit Thieren besiedelt wird.

Aus dem Schoosse des Meeres erheben sich Archipele, und erzeugen mitten in der Region der Tiefsee und des offenen Meeres die Lebensbedingungen der Flachsee und des Strandes.

Die Küstenlinie gliedert sich, und die Meeresorganismen wandern durch den Unterlauf der Flüsse, durch das Aestuarium in das Festland hinein.

Das offene Meer kann sich bionomisch selbstständig machen und, wenn ein uferloses Meer im Laufe der Erdgeschichte existirt haben könnte, so besass dasselbe in seiner Planktonflora eine eigene Nahrungsquelle.

Dagegen ist die Tiefsee bionomisch unselbstständig. Sie besitzt keine Flora und mithin hat sie nicht die Mittel, sich selbst zu ernähren.

Manche Erscheinung, welche zum näheren Verständniss der Korrelation der Lebensbezirke im Raume dient, werden wir erst im dritten Theil dieses Werkes besprechen können, wenn wir die Korrelation der Sedimente kennen gelernt haben.

Die Korrelation der Lebensbezirke in der Zeit ist die nothwendige Folge der räumlichen Beziehungen und der physiologischen Zusammenhänge des Mediums. Grundsatz ist es, dass *nur solche Lebensbezirke zeitlich aufeinanderfolgen können, oder geologisch gesprochen, sich überlagern können, welche in der Gegenwart räumlich nebeneinanderliegen*. Es kann also ein Aestuarium nicht ohne Vermittlung des Litorals und der Flachsee auf Tiefsee folgen; dagegen kann sich ein Archipel direkt über der Tiefsee erheben, und da Archipele entweder durch vulkanische Eruptionen oder durch Korallenriffe aufgebaut werden, so können nur solche Sedimente, welche auf diesen vorkommen, über den Ablagerungen des tiefen Wassers erwartet werden.

Unmöglich ist es ferner, dass ein pflanzenloses Meer von einer Fauna ohne Flora besiedelt wird.

Wir würden uns wiederholen müssen, wenn wir alle die bionomischen Beziehungen, welche wir früher im Einzelnen besprochen haben, hier nochmals auseinandersetzen wollten. Das vorliegende Werk soll ja nur die Materialien für eine bionomische Diskussion geologischer Probleme bieten, nicht geologische Fragen selbst behandeln. Und so können wir uns begnügen, darauf hinzuweisen, dass alle die in den vorhergehenden Abschnitten gewonnenen Ansichten auf das geologisch-historische Gebiet übertragen werden können und sollen.

Eine bewunderungswürdige Harmonie mannigfach geknüpfter Verbindungen herrscht in der Gegenwart zwischen den Erscheinungen der anorganischen Welt und der organischen Natur. Haben wir in diesem Bande wesentlich den Einfluss der ersteren auf die Organismen betrachtet, so werden wir im dritten Theil dieses Werkes den schwerwiegenden Einfluss der organischen Bewegungen auf die leblose Natur zu schildern haben.

Wiederholt wollen wir darauf hinweisen, dass der historisch arbeitende Geologe sich nicht damit begnügen darf, den Charakter einer einzelnen Erscheinung festzustellen. Er kann nur dann erdgeschichtlich forschen, wenn er sich versenkt in das Ineinandergreifen der organischen und anorganischen Veränderungen, deren Schauplatz die Gegenwart ist. Nach wie vor muss er das Programm eines KARL VON HOFF, eines LYELL im Auge behalten. Je reicher seine Erfahrung, je umfassender und geschulter sein Blick ist, desto leichter wird er in den Blättern der Erdgeschichte lesen können, desto näher wird er seinem hohen Ziele kommen.



Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.

Von

Johannes Walther,
a. o. Professor an der Universität Jena.

Zweiter Theil:

Die

Lebensweise der Meeresthiere.

Beobachtungen über das Leben der geologisch
wichtigen Thiere.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer
1893.

Die
Lebensweise der Meeresthiere.

Beobachtungen über das Leben der geologisch
wichtigen Thiere.

Von

Johannes Walther,
a. o. Professor an der Universität Jena.

Zweiter Theil einer
Einleitung in die Geologie
als historische Wissenschaft.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer.
1893.

II. THEIL:

Die Lebensweise der Meeresthiere.

Beobachtungen über das Leben der geologisch
wichtigen Thiere.

1. Die Lücken paläontologischer Ueberlieferung.

Die Reihe der in aufeinanderfolgenden Erdschichten enthaltenen Versteinerungen entspricht keineswegs der Reihe derjenigen Organismen, welche im Laufe der Erdgeschichte gelebt haben, und es ist eine der ersten und wichtigsten Aufgaben des Geologen, sich der Inkongruenz jener beiden Reihen stets bewusst zu bleiben.

Die versteinerten Floren und Faunen geben uns wohl ein Bild der Vorzeit, aber ein falsches Bild der damaligen Lebewelt. Das Gemälde ist verzogen, und wir müssen uns einen künstlichen Spiegel herstellen, in dem wir es unverzerrt betrachten können.

Daher lautet auch der Wahlspruch des Geologenkongresses: *Mente et malleo*; und diese kurzen Worte reden eine ebenso treffende wie ausdrucksvolle Sprache. Wer mit fehlerhaften Voraussetzungen an eine Arbeit herantritt, der wird kein richtiges Resultat erzielen; bei jeder geologischen Arbeit müssen wir beständig die Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung im Auge behalten.

Ich betrachte es als eine Haupt-Aufgabe meines Werkes, diese Fehlerquellen geologischer und paläontologischer Arbeit aufzudecken, und jeden Geologen in den Stand zu setzen, an der Erkenntniß jener Lücken mitzuarbeiten. Obwohl viele, hier zu erwähnende Vorgänge erst im letzten Band ausführlich behandelt werden können, so müssen wir doch folgende vier Ursachen der Lückenhaftigkeit paläontologischer Ueberlieferung schon jetzt berücksichtigen:

- 1) das Fehlen aller Thiere ohne Hartgebilde;
- 2) das Fehlen aller Theile derselben, welche nicht mit Kalk oder Kieselsäure getränkt waren;
- 3) das Fehlen der durch nachträgliche Veränderungen des Gesteins zerstörten Reste;
- 4) das Fehlen aller durch Denudation entfernten Schichten mit ihrem Fossilgehalt.

Der erste Grund der Lückenhaftigkeit betrifft das Fehlen aller Thiere ohne Hartgebilde. Wenn wir absehen von den seltenen Funden jurassischer Medusen und wenigen anderen Vorkommnissen ähnlicher Art, so bieten uns die Versteinerungen nur die Ueberreste solcher Thiere, welche verkalkte oder verkieselte Hartgebilde besaßen, und von Anneliden, Infusorien, Ctenophoren, Siphonophoren, Nacktschnecken, Ascidien, Würmern kennen wir nur schwer

deutbare Spuren. Infolgedessen unterscheidet sich auch das paläontologische System in der Werthschätzung einzelner Abtheilungen von dem System der lebenden Thiere. Während hier der Stamm der Würmer eine ungeheure Fülle verschiedener Formenkreise umfasst, ist im paläontologischen System der Thiere die Klasse der Cephalopoden bis ins Einzelne systematisch gegliedert, und in ähnlicher Weise giebt es der Unterschiede noch mehr.

Infolge dieser verschiedenen Werthschätzung der einzelnen Thiergruppen habe ich in diesem Bande nur diejenigen Abtheilungen biologisch behandelt, welche geologisch und paläontologisch von grösserer Wichtigkeit sind. Daher haben auch die einzelnen Kapitelüberschriften dieses Bandes verschiedenen systematischen Werth. Ich lege das System des Thierreiches nach v. ZIRREI, Handbuch der Paläontologie, hier zu Grunde, und werde aus den obenangeführten Gründen nur die mit gesperrten Lettern gedruckten Abtheilungen behandeln.

Uebersicht des Thierreichs:

				Abschnitte: Nr.
I. <i>Protozoa</i>	1) <i>Monera</i>			
	2) <i>Rhizopoda</i>	a) <i>Foraminifera</i>		2
		b) <i>Radiolaria</i>		3
		c) <i>Lobosa</i>		
	3) <i>Infusoria</i> .			
II. <i>Cocenterata</i>	1) <i>Spongia</i>	Seeschwämme		4
	2) <i>Anthozoa</i>	Korallen und Verwandte		5
	3) <i>Hydromedusa</i>			
	4) <i>Ctenophora</i> .			
III. <i>Echinodermata</i>	1) <i>Crinoidea</i>	Seelilien		6
	2) <i>Asteroidea</i>	Seesterne		7
	3) <i>Echinoidea</i>	Seeigel		8
	4) <i>Holothuria</i>	Seegurken		9
IV. <i>Vermes</i>	1) <i>Platyhelminthes</i>			
	2) <i>Nemathelminthes</i>			
	3) <i>Gephyrea</i>			
	4) <i>Rotifera</i>			
	5) <i>Annelida</i> .			
V. <i>Mollusca</i>	1) <i>Bryozoa</i>	Mooskorallen		10
	2) <i>Tunicata</i>			
	3) <i>Brachiopoda</i>	Brachiopoden		11
	4) <i>Lamellibranchiata</i>	Muscheln		13
	5) <i>Gastropoda</i>	Schnecken		14
		Pteropoden u. Heteropoden		
VI. <i>Arthropoda</i>	6) <i>Cephalopoda</i>	Ammoniten		15
	1) <i>Crustacea</i>	Krebse		16
	2) <i>Arachnoidea</i>			

- 3) *Myriapoda*
- 4) *Insecta*.

VII. *Vertebrata*

- 1) *Pisces*
- 2) *Amphibia*
- 3) *Reptilia*
- 4) *Aves*
- 5) *Mammalia*.

Die zweite Ursache der Lückenhaftigkeit fanden wir darin, dass nur die mit Kalk oder Kieselsäure getränkten Theile dieser Thiere geologisch erhalten sind. Zwar hat man Haut und Fleisch fossiler Elephanten im gefrorenen Schlamm Sibiriens gefunden, zwar sind uns im Solnhofener Kalkschiefer die Muskeln fossiler Fische in solcher Schönheit erhalten, dass man selbst bei starker Vergrößerung die quergestreifte Struktur¹⁾ mit aller Genauigkeit erkennen kann — aber solchen Ausnahmen gegenüber ist die Zerstörung und das Verschwinden weicher Gewebe die Regel gewesen.

Wie gering sind die in den Kohlenlagern aufgehäuften Massen von Cellulose, verglichen mit den Pflanzenmassen, welche im Laufe der geologischen Geschichte gelebt haben.

Dass Pflanzenfresser nur an solchen Orten leben, wo sich Pflanzen finden, sehen wir in der Gegenwart überall bestätigt; die geologische Ueberlieferung bringt uns zwar die Schalen pflanzenfressender Schnecken, doch nach den Pflanzenabdrücken suchen wir oft vergeblich.

Wenn wir die enorme Zahl von Krebsen bedenken, welche alle Theile des Meeres bewohnen, so ist es einigermaassen seltsam, dass ihre Reste so selten in marinen Absätzen vorkommen. Die zellige Struktur ihrer Panzer erleichtert jedenfalls die Auflösung derselben; denn mit Ausnahme einer Klauenspitze ist vom Challenger²⁾ weder in seichtem, noch in tiefem Wasser auch nur ein Ueberbleibsel der höheren Krebse gedredgt worden. Dagegen findet man die Schalen von Ostrakoden, besonders *Krithe producta* und *Cythere* überall in Tiefseeabsätzen, auch Schalen von *Scalpellum* und *Balanus* kamen gelegentlich vor.

Wenn wir die grosse Zahl der marinen Fischzüge erwägen, so muss uns die Seltenheit von Fischknochen in Tiefseesedimenten in Erstaunen setzen. Der Challenger fand nur in 4 Fällen seiner dreijährigen Reise Fischknochen, häufiger allerdings Otolithen.

Die Zusammensetzung einer fossilen Fauna entspricht also schon aus diesem Grunde keineswegs dem Bestande, welchen die lebende Fauna gehabt hat. Allein auch das Zahlenverhältniss der Individuen einer fossilen Fauna stimmt ebenso wenig überein mit der Häufigkeit oder Seltenheit der betreffenden damals lebenden Thiere. Reiche Faunen verschwinden spurlos, und ein nur in wenigen Exemplaren gleichzeitig lebendes Thier häuft seine Schalen im Laufe vieler Generationen am Meeresboden auf, so dass man daraus auf einen grossen Individuenreichthum mit Unrecht schliessen würde.

Ein belehrendes Beispiel, wie sehr die lebende Fauna einer Lokalität von der entsprechenden Fauna erhaltungsfähiger Reste ver-

1) O. REIS, Palaeontographica, XXXV, 1888, Taf. II, Fig. 9.

2) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits S. 264.

schieden ist, bietet uns jene Muschelbank in der Irischen See, welche FORBES¹⁾ beschrieben hat:

Die Bank liegt nordwestlich von der Insel Man, etwa 36 m unter dem Meeresspiegel. Sie ist dicht bedeckt mit *Pecten opercularis*, zwischen denen *Ostrea edulis*, *Pecten maximus* und *Pecten varius* seltener gefunden werden.

Am Rande der Bank ist der Boden kiesig, darauf liegen wenige *Pecten opercularis*, dagegen viel Schnecken: *Murex erinaceus*, *Trochus zizyphinus*, *Natica Alderi*.

Zwischen der Bank und der Küste, dieser etwas genähert, ist ein Höhenzug von 27 m und weniger, auf dem grosse Mengen von *Laminaria* wachsen, und der von groben Felsblöcken bedeckt ist, ähnlich den Rollblöcken am Strande. Die benachbarte Küste ist sandig und mergelig.

Auf der Bank findet man stets lebend in grosser Anzahl:

<i>Pecten opercularis</i>	<i>Buccinum undatum</i>
<i>Pecten distortus</i>	<i>Trochus zizyphinus</i>
<i>Modiola vulgaris</i>	<i>Trochus tumidus</i>
<i>Hiatella rugosa</i>	<i>Nassa macula</i>
<i>Chiton cinereus</i>	<i>Emarginula fissura</i>
	<i>Lottia pulchella</i> .

Tote Exemplare sind ebenfalls häufig.

Im Verlauf von 5 Jahren siedelte sich *Fissurella gracca* auf der Bank an, doch wurden nie jugendliche Exemplare entdeckt.

Auch die *Lottia testudinalis*, welche früher sehr selten war, stellte sich 1839 in einer grossen Anzahl jugendlicher Exemplare ein, so dass unter jedem Stein 3 oder 4 Stück gefunden wurden. Auch *Montacuta substriata* zeichnet sich dadurch aus, dass in manchen Jahren die Stacheln des *Spatangus purpureus* damit besetzt sind, während sie zu anderen Zeiten fehlen.

Folgende Arten fand FORBES lokal sehr zahlreich, aber nicht überall auf der Bank:

<i>Fusus antiquus</i>	<i>Venus cassina</i>
<i>Fusus corneus</i>	<i>Venus fasciata</i>
<i>Fusus Bamfus</i>	<i>Venus virginea</i>
<i>Nucula margaritacea</i>	<i>Kellia suborbicularis</i>
<i>Pectunculus pilosus</i>	<i>Velutina laevigata</i> .

Venus virginea findet sich nur in jungen Exemplaren, *V. cassina* und *V. fasciata* fast nur ausgewachsen. Wahrscheinlich hängt das damit zusammen, dass *Venus virginea*, welche im Schlamme eingebohrt lebt, mit zunehmendem Alter sich immer tiefer eingräbt.

Überall auf der Bank, aber nie in grösserer Zahl findet man:

<i>Ostrea edulis</i>	<i>Murex erinaceus</i>
<i>Pecten maximus</i>	<i>Capulus hungaricus</i>
<i>Lima fragilis</i>	<i>Natica Alderi</i>
<i>Pecten obsoletus</i>	<i>Venus exoleta</i>
<i>Cardium laevigatum</i>	<i>Venus ovata</i>
<i>Psammobia tellinella</i>	<i>Mya truncata</i> .

1) FORBES, Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. IV, 1840, S. 217.

Viele Austernschalen sind todt, junge findet man nicht, daher darf man wohl vermuthen, dass es eine absterbende Austernbank ist.

Wenn *Ostrea* stirbt, so bleiben die Schalen gewöhnlich aufeinander; auch *Venus* bleibt gewöhnlich ganz, während *Tellina*, *Psammobia* und *Pecten* leicht auseinanderfallen.

Cardium laevigatum, *Cardium elongatum*, *Cardium nodosum*, *Venus exoleta* und *Mastra elliptica* bleiben doppelt.

Gelegentlich findet man:

<i>Fusus muricatus</i>	<i>Chiton laevis</i>
<i>Trochus Montacuti</i>	<i>Pecten varius</i>
<i>Mastra elliptica</i>	<i>Solen ensis</i>
<i>Tellina crassa</i>	<i>Amphidesma tenue</i>

Lucina undata.

Pecten varius ist manches Jahr sehr häufig, und zu anderen Zeiten kann man kein einziges Exemplar finden.

Chiton ist nie erkennbar nach dem Tode des Thieres. Nakte Mollusken sind auf der Bank nicht selten; am häufigsten ist *Melibaca fragilis*.

Echinodermen sind häufig. Seesterne leben auf der Bank, Schlangensterne an ihrem Rande.

Wenn wir uns vorstellen, dass diese Bank fossil wird, so würden wir Folgendes beobachten:

Wir würden uns ein treffendes Bild der sie bewohnenden beschalten Molluskenfauna machen können, aber die Naktschnecken würden vollständig fehlen.

Das relative Verhältniss der Schnecken und Muscheln würde ein verschiedenes sein, wenn wir das Centrum oder den Rand der Bank untersuchen würden.

Obwohl *Chiton* sehr häufig ist, würden wir doch keine Spur desselben finden.

Wahrscheinlich würde die Artenzahl der fossilen Bank eine grössere sein, als die der lebenden.

Von Echinodermen würden wir nur Seeigelstacheln finden. Die Mehrzahl der Zoophyten würde fehlen.

Obwohl eine sehr grosse Zahl von Krebsen auf der Bank leben, würden wir nur geringe Reste ihrer Existenz beobachten. Die beschalten Würmer würden erhalten sein, alle anderen wären verschwunden. —

Und was uns hier FORBES von einer einzigen Bank erzählt, das ist die Geschichte der Organismenwelt. Geologische Ueberlieferung und Geschichte der Organismen sind nicht kongruent; und nur die Gegenwart kann uns lehren, welche Punkte sich nicht decken. In der geologischen Vergangenheit sehen wir nur Lücken, in der Gegenwart Zusammenhänge, dort isolirte Erscheinungen, hier ein organisch verknüpftes System zusammenhängender Phänomene. Wir können jene nicht deuten, wenn wir nicht diese gründlich studirt haben.

FORBES hat seine Untersuchungen später im Aegäischen Meer weiter fortgesetzt und ist dort zu folgenden Resultaten¹⁾ gekommen: Wenn der Boden des Aegäischen Meeres mit seinen gegenwärtigen

1) FORBES, Rep. Brit. Association. Adv. Sc. London 1844, S. 176.

Bewohnern trocken gelegt oder durch Sedimente ausgefüllt werden würde, so müsste man in den Verhältnissen der fossilen Fauna beobachten, dass die Reste der marinen Wirbelthiere selten und weit verstreut sein würden.

Von den Cephalopoden, welche artenarm, aber sehr individuenreich sind, fände man nur wenige Spuren, ausser von *Sepia*, deren Schalen in den sandigen Schichten längs der Küste eingebettet wären.

Von Naktschnecken wäre aller Wahrscheinlichkeit nach keine einzige Spur erhalten, obwohl sie eine reiche und schöne Fauna bildeten.

Von Pteropoden und Nucleobranchiaten wurden die schalenlosen Formen mit den Naktschnecken verloren gehen, während die Gehäuse der beschalten Arten in ungeheurer Menge den Boden der Tiefsee bedecken.

Die Brachiopoden würden wir tiefvergraben zwischen Nulliporen und Kies fänden, und aus ihrer Häufigkeit könnten wir sofort einen Schluss auf die Tiefe, in denen die Bänke gebildet wurden, ziehen.

Die Muscheln fänden wir sehr häufig in weichem Thon und Schlamm, und zwar hier gewöhnlich beide Klappen in natürlicher Stellung, während solche Arten, welche auf Kies und glattem Boden leben, als vereinzelte Schalen gefunden würden.

Die Schnecken fänden wir in allen Gesteinen, aber häufiger in kiesigen als in schlammigen Sedimenten. Wollen wir den nördlichen oder südlichen Charakter der Fauna nach Muscheln oder Schnecken bestimmen, so werden unsere Schlüsse verschieden ausfallen, je nachdem wir Ablagerungen aus geringerer oder grösserer Tiefe prüfen, und je nach der systematischen Stellung der untersuchten Fauna.

Die Chitonen würden wir nur in vereinzelten Kalkplatten wiederfinden, und auch diese sehr selten. Gerade die häufigen Arten, welche an Felstrümmern und Rollsteinen leben, aus denen später Konglomerate entstehen, werden wahrscheinlich ebenso zerstört wie die Mehrzahl der sublitoralen Mollusken.

Die Tunikaten würden gänzlich verschwunden sein, so reich ihre Fauna auch gewesen ist.

Von dem Knorpelskelett der *Velella* könnten Spuren unter günstigen Bedingungen in Sand erhalten sein.

Von den Echinodermen würde man manche Arten von *Echinus* wohl erhalten finden; Arten von *Cidaris* würden je nach der Tiefe, in der sie lebten, nicht selten sein, die Stacheln fände man gelegentlich weit entfernt vom Körper.

Secesterne, mit Ausnahme solcher, welche auf Schlamm und Sand leben, würden nur an vereinzelten Kalkstückchen wiederzuerkennen sein, und von ihrer Verbreitung und Artenzahl könnte man sich keine richtige Vorstellung machen. Von den zahlreichen Holothuriern und *Sipunculus* dürfte keine Spur übrig bleiben. *Antedon* würde selten wohl erhalten sein, aber seine Trochiten und seine Kelchbasis wären in fossilreichen Sedimenten zu finden.

Von den Zoophyten würden die hornigen Arten Eindrücke hinterlassen, welche Graptolithen gleichen, in dem dunklen Schlamm, auf dem sie leben. Die Korallen dürften selten, aber in Bruchstücken zahlreicher zwischen Muschelbänken angetroffen werden. *Cladocora*

cacspitosa würde zweifellos die Grenzen des Meeres bezeichnen, und aus der Grösse der Dimensionen dürfte man in Konglomeraten erkennen, wo die Thiere untergegangen sind. Die Aktinien dürften alle verschwunden sein.

Von den Spongien könnten die kieseligen Arten unter günstigen Umständen erhalten werden.

Die Artikulaten, mit Ausnahme beschalter Anneliden würden meistens fragmentarisch sein.

Foraminiferen fände man in allen Ablagerungen, da sie durch ihre Kleinheit geschützt sind, doch dürften sie in den Ablagerungen geringer und grösserer Tiefen am häufigsten sein.

Kriechspuren würden in fossilem Zustand meist fehlen. So enthält der Golf von Smyrna sehr wenige, während ähnlicher Schlamme an anderen Lokalitäten organische Spuren zahlreich bewahrt. Auf sandigen Gesteinen aus grösseren Tiefen würden sie meist fehlen.

Fossilreiche Ablagerungen dürften gewöhnlich mit fossilarmen wechsellagern. Während gegenwärtig die litorale Zone die grösste Zahl und Mannichfaltigkeit thierischer und pflanzlicher Bewohner darbietet und gerade die für die mediterrane Fauna charakteristischen Formen enthält, so dürften doch im fossilen Zustande ihre Ueberreste viel unvollkommener sein als diejenigen der Bewohner tieferer Regionen infolge des beständigen Wechsels der Umstände und des Vorwiegens felsiger und konglomeratischer Gesteine. Ein grosser Theil der Konglomerate und Sandsteine dürfte ohne Spuren organischen Lebens sein, welches um so reicher gefunden wird in Mergeln und Kalken. —

Allein nicht nur während der Bildung eines Gesteins verschieben sich die Zahlenverhältnisse der lebenden gegen die versteinernde Fauna, nein auch nach der Entstehung einer fossilreichen Ablagerung wird dieselbe mannichfaltig verändert.

Wir werden im letzten Theile dieses Werkes die nachträglichen lithogenetischen Veränderungen, welche eben gebildete Gesteine erleiden in Diagenese und Metamorphose zu unterscheiden haben. Unter Diagenese verstehen wir die Vorgänge, welche unter natürlichen Verhältnissen aus einem Sediment eine Felsart machen. Die Trockenlegung der submarinen Ablagerung, die Verkittung der Gesteinselemente, die Verhärtung, die Auslaugung des Salzes u. s. w. sind diagenetische Vorgänge.

Dagegen verstehen wir unter Metamorphose die Einwirkung spezifischer Kräfte (wie vulkanische Hitze und Gebirgsdruck) welche umwandelnd auf die Gesteine wirken.

Durch Diagenese und noch mehr durch Metamorphose werden nun die Fossilien sehr tiefgreifend verändert. Aus Muscheln bilden sich Steinkerne, Kalkreste werden mit Kieselsäure imprägnirt, Schieferung zerstört alle Versteinerungen, Gebirgsfaltung verzerrt Ammoniten und zerreisst Belemniten, Kontakthitze wandelt fossilreiche Kalke in krystallinischen Marmor um.

Wir müssen uns hier mit diesen kurzen Hindeutungen begnügen; allein sie waren nöthig, um die Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung nach jeder Seite zu beleuchten.

Endlich hätten wir der Denudation zu gedenken, d. h. der abtragenden Wirkung der atmosphärischen Kräfte. Ganze Schichten-

komplexe mit allen darin enthaltenen Versteinerungen sind zerstört und abgetragen worden, und die wichtigsten Trennungshorizonte der Formationsreihe der Erdrinde sind nur solche, durch Denudation entstandene, Lücken der Ueberlieferung. Alle später gebildeten Gesteine sind aus den zerbrochenen Schichten, aus den aufgelösten Bestandtheilen älterer Gesteine entstanden, jedes Konglomerat, jeder Sandstein, jeder Mergel und Thon ist aufgebaut aus den Resten einstiger Gebirge.

Kein Wunder, dass die Urkunde paläontologischer und geologischer Ueberlieferung so viele und grosse Lücken zeigt, dass nur der Geologe gesicherte Resultate zu ergründen vermag, der sich der Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung stets bewusst bleibt, der keinen Schritt thut, ohne die Gesetze der Korrelation aktueller Erscheinungen wohl zu beachten. *Mente et malleo!*

2. Foraminifera.

Es wurden bei der Ausarbeitung benutzt:

- BRADY, Report on the Foraminifera. The Voyage of H. M. S. Challenger, Zool. XXII, 1884.
- BRADY, On Brackish Water Foraminifera. Ann. Mag. Nat. Hist. 4. Ser., VII, S. 306.
- BRADY, A Synopsis of the British Recent Foraminifera. Trans. Roy. Microsc. Soc., 9. Nov. 1887.
- BRADY, Ueber einige arktische Tiefsee-Foraminiferen, gesammelt während der Oest.-Ung. Nordpol-Expedition, D. Acad. der Wissenschaften Wien, Math. Naturw. Klasse, Bd. XLIII, S. 91.
- LEUNIS-LUDWIG, Synopsis der Thierkunde 1886. (Auch in den folgenden Abschnitten mehrfach benutzt).
- PARKER & JONES, Quat. Journ. Geol. Soc. 1860, XVI, S. 293.
- PARKER & JONES, On some Foraminifera from the North Atlantic and arctic Oceans including Davis Str. and Baffins Bay. Phil. Trans. R. Soc. I, 155, I, S. 325.
- SCHMELK, Den Norske Nordhavs Expedition 1876—78, Chemi. Christiania 1882.
- SCHULZE, F. E., Zool. Ergebnisse der Nordseefahrt 1872, Rhizopoden.
- SCHULZE, M., Ueber den Organismus der Polythalamien 1854.
- SCHULZE, M., Sitzungsber. Naturf. Ges., Halle 1855.
- SIDDALL, On the Foraminifera of the River Dee. Ann. Mag. Nat. Hist., 4. Ser., XVII, S. 37.
- WALTHER, Die Verbreitung der Foraminiferen auf der Secca di Benda Palummo. Mitth. der Zool. Stat. Neapel 1888,
- und andere Abhandlungen, welche im Text citirt werden.

Die Foraminiferen (*Thalamophora*, *Rhizopoda testacea*) sind einzellige Organismen, mit einem oder mehreren Kernen, deren Protoplasmaeib fadenförmige Fortsätze, die Pseudopodien, aussendet, welche oft netzförmig mit einander verschmelzen. Während die Mehrzahl der *Lobosa* keine Schale besitzen, bilden die Foraminiferen ein horniges Gehäuse, das bei den Sandformen mit Sedimentkörnchen bedeckt, bei Kalkformen mit kohlensaurem Kalk imprägnirt ist.

Manche sandige Foraminiferen bilden ihre Schalen aus den kleinen Kalkschälchen von Globigerinen und deren Bruchstücken, zusammen mit anderen kalkigen Fragmenten, die sie am Meeresgrunde auflesen; und manche Formen besitzen eine wunderbare Fähigkeit der Auslese. Die Schalen von *Pilulina* und *Technitella* sind aus zusammengefüzten Spongiennadeln gebildet, während *Marsipella* die Spongiennadeln nebeneinanderlegt und miteinander verkittet. *Psammosphaera*, *Stortosphaera*, *Pelosina*, *Pilulina* und *Technitella* wurden zuerst voneinander unterschieden durch die beim Bau ihrer Schale verwendeten Materialien. Bei den Lituoliden ist die Fähigkeit ausgebildet, je nach der Natur des Seebodens verschiedene Fremdkörper in die Schale aufzunehmen, Foraminiferenschalen in Globigerinenschlick, Korallenfragmente auf Riffen, Radiolarien und Diatomeenskelette an anderen Lokalitäten, oder auch Spongiennadeln, zerbrochen oder ganz zu verwenden.

In der Tiefsee findet man Sandformen¹⁾ ganz bedeckt mit Phillipsitkrystallen.

Polymorphina silicea enthält Kieselsäure als Hauptbestandtheil der Schale, bei *Polytrema*²⁾ sind Kieselnadeln in dem Kalkskelett eingebettet.

Die Kalkgehäuse können auch grosse Mengen von kohlensaurer Magnesia enthalten, *Orbitolites complanata* enthält 12,52 %, *Nubecularia novorossica* sogar 26 % Magnesia.

Die Foraminiferenschale hat eine grosse, oder viele kleine Oeffnungen, durch welche die Pseudopodien austreten. Das Protoplasma von *Polystomella crispa*³⁾ ist für mechanische Reize sehr empfindlich, bei der geringsten Erschütterung ziehen sich alle Pseudopodien zurück. Auch sobald die Temperatur⁴⁾ des Wassers auf 30—35° C. erhöht wird, ziehen sich alle Pseudopodien ein.

Die Foraminiferen sind marine Organismen, und ihre Schalen finden sich in den Ablagerungen aller Breiten und Tiefen. Von allen organischen Resten findet man in marinen Ablagerungen am häufigsten die Schalen von Foraminiferen. Man kann geradezu sagen, dass diese Thiere oder Bruchstücke derselben in jeder Probe von marinem Schlamm, Thon, Schlick oder Sand vorhanden sind. Längeres Aufbewahren in süßem Wasser schadet ihnen nicht immer. In Schlamm aus der Bucht von Muggia, der 5 Wochen hindurch in oft erneuertem Süßwasser aufbewahrt worden war, zeigten sich nach Uebergiessen mit reinem Seewasser zahlreiche lebende Rotaliden. Dadurch erklärt es sich auch, dass in den brackischen Mündungsgebieten und Aestuarien britischer Flüsse (besonders des Dee-Flusses bei Chester) eine reiche Foraminiferenfauna lebt. Im Dee leben folgende Gattungen (die Arten sind im Spezialverzeichniss angeführt):

<i>Cornuspira</i>	<i>Quinqueloculina</i>	<i>Lituola</i>
<i>Biloculina</i>	<i>Spiroloculina</i>	<i>Lagena</i>
<i>Triloculina</i>	<i>Trochammina</i>	<i>Nodosaria</i>

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 400.

2) Archiv f. Naturgeschichte 1863, S. 81.

3) VERWORN, Archiv f. Physiologie XLV, S. 13.

4) VERWORN, Protisten-Studien. Jena 1889, S. 178.

<i>Dentalina</i>	<i>Verniculina</i>	<i>Planorbulina</i>
<i>Marginulina</i>	<i>Bulimina</i>	<i>Truncatulina</i>
<i>Cristellaria</i>	<i>Virgulina</i>	<i>Pulvinulina</i>
<i>Polymorphina</i>	<i>Bolivina</i>	<i>Rotalia</i>
<i>Uvigerina</i>	<i>Bigenerina</i>	<i>Patellina</i>
<i>Orbulina</i>	<i>Spirillina</i>	<i>Polystomella</i>
<i>Globigerina</i>	<i>Cassidulina</i>	<i>Nonionina</i> .
<i>Textularia</i>	<i>Discorbina</i>	

Proportional zu der Abnahme des Salzgehaltes wird der Kalkgehalt der Schale immer geringer, bis endlich bei gewissen Arten, welche diese Verdünnung leichter ertragen, die Schale vollkommen kalkfrei wird und nur aus einer dünnen braunen, chitinösen Haut besteht, welche weder in Säuren, noch in Alkalien löslich ist. Die Arten, bei welchen diese Erscheinung am besten zu beobachten waren, sind *Trochammina macrascens* und *Quinqueloculina fusca*; beide schliessen sich an wohlbekannte marine Formen an. Auch die Sarkode verändert sich im Brackwasser und erhält eine grünliche Farbe.

Am besten gedeihen im Brackwasser die Gattungen:

<i>Miliolina</i>	<i>Polystomella</i>
<i>Truncatulina</i>	<i>Nonionina</i>
	<i>Rotalia</i> .

So ist auch *Entzia tetrastomella*¹⁾, welche in Salztümpeln in Siebenbürgen lebt, mit einer chitinösen Schale versehen.

Die Mehrzahl der Foraminiferen gehört dem Benthos an. *Polytrema*, *Carpenteria*, *Rupertia* sind festgewachsen, und in Anpassung an diese Lebensweise ist ihre Schale sehr verändert; dagegen kriechen die meisten anderen Gattungen am Meeresboden auf Steinen, Muscheln, Korallen, Meerespflanzen umher. Am liebsten scheinen sie solche Stellen zu wählen, wo ihnen durch eine reiche Vegetation Schutz vor dem Andrang der Wellen, und ihren zarten Bewegungsorganen eine sichere Stütze zum Anheften geboten ist. Hier finden sie zugleich an den, auf grösseren und kleineren Seepflanzen stets anhaftenden Diatomeen und Infusorien reichliche Nahrung.

Die Farbe der Foraminiferen ist durch eine Färbung der Sarkode bedingt, selbst bei der intensiv rothen *Rotalina rosea* der Antillen. *Polystomella* wird durch längeren Aufenthalt in reinem Wasser sehr bleich; wenn man ihnen dann ein an Diatomeen reiches Wasser giebt, so färben sie sich in kurzer Zeit mit Diatomin ganz braun.

Sie vermögen wohl mit ihren ausgestreckten Pseudopodien auch ausserhalb der Schale zu verdauen; denn lebende, an den Wänden eines Glases kriechende Formen sieht man sehr gewöhnlich von einer Masse Diatomeen, Pflanzenreste und anderer zersetzter organischer Substanzen umgeben, welche durch die Fäden des Thieres zusammengehalten, stets mit heringeführt werden.

Die Foraminiferen²⁾ lieben nicht kiesige oder grobsandige Gebiete des Meeresbodens, ziehen vielmehr ein feinkörniges, schlammiges Sediment vor. Am Strande findet man nur todte abgerollte Schalen.

1) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1884, S. 477.

2) WILLIAMSON, Ray Society 1857, S. XII.

Einzelne finden sich schon in der Laminarienzzone, doch werden sie erst häufig in der nächstfolgenden tieferen Korallinenzone.

Die Fauna¹⁾ des Golfes von Bas Escaut (Belgien) ist rein marin mit sehr vielen Thieren und Pflanzen, die sich zur Zeit der Ebbe leicht sammeln lassen. Der Boden besteht aus ganz feinem schlammigem Material. Bei Ebbe bleiben an einzelnen Punkten grössere Tümpel zurück, die von lebenden Foraminiferen wimmeln, welche lebhaft roth, orange oder gelb gefärbt sind. Am Rande dieser Tümpel sieht man eine weisse schaumige Masse, die aus dem Schlamm leicht zerstörbarer Organismen besteht, gemischt mit Millionen tochter Foraminiferen.

Am Rothen Meere wachsen in dem seichten Wasser, zwischen Korallenriff und Küste, Wiesen von Seegräsern und Algen, auf denen eine reiche Foraminiferenfauna lebt. Die Wellen spülen am Ufer lange Streifen weissen Sandes aus, welcher nur aus Foraminiferenschalen besteht, unter denen die Orbitolitenscheibchen am häufigsten sind. An den belgischen Küsten kann man beobachten, dass die Schlammfauna zahlreichere, aber zartere dünnchalige Formen enthält, während auf Sandgrund dickere, kräftigere Formen gedeihen.

Nonionina, *Polystomella* und *Truncatulina lobatula* bilden im Polarmeer ein Nest aus hellem Sand in der Form eines konvexen, zeltähnlichen Deckels, der aber nicht mit der Schale verbunden ist.

Die Lokalfaunen der benthonischen Foraminiferen variiren bedeutend, und es scheint, dass die Bodenverhältnisse einen wesentlichen Einfluss ausüben.

Die felsigen Gründe der Secca di Benda Palummo im Golf von Neapel haben eine reiche Foraminiferenfauna, welche in den umgebenden Schlammgebieten vollständig fehlt.

Auch die geographische Verbreitung, im weiteren Sinne, zeigt auffallende Verschiedenheiten. *Orbiculina* und *Amphistegina* fehlen in den kälteren Meeren, *Pencroptis* und *Vertebralina* sind hier selten, während sie im Tropenmeere weitverbreitet sind. Eine charakteristische Fauna besitzen die Korallenriffe. Gewisse Formen, wie *Anomalina ammonoides*, finden sich nur im Südpazifik, während die weitverbreitete *Bigenerina* dort vollkommen fehlt.

Von allen Theilen der Erde kennt man Foraminiferen, welche gesteinsbildend gesellig leben.

Foraminiferen leben²⁾ in ungeheuren Mengen auf den Wasserpflanzen der Palauriffe. Der grösste Theil des Sandes der Inseln besteht aus deren Schalen.

*Amphistegina lessoni*³⁾ bildet auf St. Vincent in 12—91 m zwei Drittel des Sedimentes.

*Orbitolites*⁴⁾ bildet oft den ganzen Küstensand, sowohl an der Australischen Küste, wie an den benachbarten Koralleninseln.

Sandige Foraminiferen⁵⁾ bilden bis zu 18 % des Sedimentes am Boden des Golfstromes.

1) MILLER und BROEK, Verh. K. K. geol. Reichsanstalt Wien 1873, S. 203.

2) SEMPER, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1863, S. 562.

3) CHALLENGER, Narrative Vol I, S. 186.

4) DANA, Corals and Coral Islands, S. 152.

5) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake I, S. 274.

Die Küste am Golfstrom ist verhältnissmässig arm an Foraminiferen:

- 18—73 m tief lebt *Miliolina*
 45—128 m tief lebt *Truncatulina advena*
 64—182 m lebt *Marginulina* und *Cristellaria*
 109—182 m leben *Globigerina*
 Rotalia cultrata
 Textularia
 Marginulina.

Auf Schlammgebieten wie Block Island Soundings und Mudholes fand man fast nur *Guttulina*.

So finden wir überall eine lokal reiche, aber bei wechselnden Verhältnissen auch rasch verschwindende Fauna sowohl in der horizontalen, wie in der vertikalen Verbreitung.

Die benthonischen Foraminiferen sind häufiger in seichem Wasser als in den Tiefseeablagerungen, und gelegentlich tritt eine einzige Art in geringen Wassertiefen in solcher Menge auf, dass sie den grössten Theil des Sedimentes bildet. So *Amphistegina* an den Cap Verden, *Orbitolites* an den Fidji-Inseln und an der Sinaiküste, *Heterostegina* bei Amboina. Allein die Verbreitung solcher Absätze ist überaus eng im Vergleich mit der des Globigerinenschlickes oder anderer Tiefseeablagerungen. Sobald irgendwo benthonische Foraminiferen im Vergleich zu pelagischen Arten in einem Absatz häufig vorkommen, so zeigen sie relativ seichtes Wasser und die Nähe von Land an. Die Foraminiferenarten, welche am Meeresgrund in tiefem Wasser leben, sind gewöhnt an sehr gleichmässige Existenzbedingungen, und infolgedessen variiren ihre Schalen nicht in Grösse und Dicke nach der wechselnden Breite, wie es bei den pelagischen Formen der Fall ist, deren Thiere grossem Wechsel in Temperatur und Salzgehalt des Oberflächenwassers unterworfen sind. In tieferem Wasser findet man daher als kosmopolitische Formen nur folgende Arten: *Biloculina ringens*, *Miliolina semilunum*, *Rotalia Soldanii*, *Truncatulina lobatula*, *Nonionina umbilicata*, *Nodosaria farcimen*, *Cassidulina crassa*, *Cristellaria rotulata*, *Lagena globosa*, *L. laevis*, *L. sulcata*.

Alles das spricht dafür, dass die benthonischen Foraminiferen für die Beurtheilung von Lokalfaunen und von Faciesunterschieden einen hohen Werth besitzen, aber als Leitfossilien nicht gut brauchbar sind.

Polystomella strigillata und *Rotalia veneta* kriechen oft unter der Oberfläche des Wassers hin, und es bedarf recht bedeutender Erschütterung des Wassers, um sie von ihrer eigenthümlichen Anheftung loszureissen. Sie leiten uns über zu den wenigen planktonischen Foraminiferenarten, welche in ungeheurer Individuenzahl die Oberfläche des offenen Meeres bewohnen:

- | | |
|------------------------------------|---|
| <i>Globigerina sacculifera</i> Br. | <i>Hastigerina pelagica</i> d'O. |
| — <i>aequilateralis</i> Br. | <i>Pullenia obliquiloculata</i> P. & J. |
| — <i>conglobata</i> Br. | <i>Sphaeroidina dehiscens</i> P. & J. |
| — <i>dubia</i> Egger | <i>Candina nitida</i> d'O. |
| — <i>rubra</i> d'O. | <i>Cymbalopora bulloides</i> d'O. |
| — <i>bulloides</i> d'O. | <i>Pulvinulina menardii</i> d'O. |

<i>Globigerina inflata</i> d'O.	<i>Pulvinulina tumida</i> Br.
— <i>digitata</i> Br.	— <i>canariensis</i> d'O.
— <i>cretacea</i> d'O.	— <i>Micheliniana</i> d'O.
— <i>dutertrei</i> Br.	— <i>crassa</i> d'O.

Orbulina universa d'O.

Sie gedeihen am besten in den reinen Strömungen des offenen Meeres, und nur selten findet man sie im MUELLER'schen Netz, wenn man in Buchten und Aestuarien, oder in der Nähe von Flussmündungen fischt. Fast alle sind auf tropische und subtropische Gewässer beschränkt, und indem sie nach dem Polarkreis zu verschwinden, findet man dort nur die zwerghaften Formen *Globigerina pachyderma* und *G. dutertrei*. Die Vertheilung ihrer Schalen in Tiefseeablagerungen entspricht ihrer Verbreitung an der Meeresoberfläche. Diese Uebereinstimmung der Verbreitung der lebenden Thiere an der Meeresoberfläche mit der ihrer todten Schalen in den Tiefseesedimenten zeigt schon zur Genüge, dass diese Foraminiferen nur im Oberflächenwasser leben. Würden sie auch nur einige Zeit ihres Lebens dem Benthos angehören (meroplanktonisch), so würden ihre Schalen nach der Art anderer Benthosthiere am Meeresgrunde verbreitet vorkommen.

In den kalkigen Schlickten tropischer Gegenden werden die Schalen der die Oberfläche bewohnenden Arten in enormer Häufigkeit gefunden, aber dieselben Arten finden sich niemals in den Ablagerungen polarer Gegenden. Solches zeigt, dass diese pelagischen Schalen nicht sehr weit von ihren normalen Wohnplätzen durch Strömungen verschleppt werden. Nur deshalb war es möglich, bei genauer Prüfung der Globigerinenschlicke ungefähr die Breite vorauszusagen, aus welcher dieselben stammten. Sogar zeigen gewisse pelagische Foraminiferenarten an, ob sie dem Atlantik oder dem Pazifik angehören.

Die pelagischen Foraminiferen sind besonders charakteristisch für alle Tiefseesedimente tropischer Regionen von 365 m bis 5486 m. Nahe der Küste und in polaren Regionen wird ihre Anwesenheit verhüllt durch das Ueberwiegen anderen Materials, so dass sie keinen grösseren Antheil an der Zusammensetzung des Sedimentes nehmen. Dagegen bilden sie in allen geringeren Tiefen der offenen See, fern vom Land, den grösseren Theil der Sedimente oder wenigstens des darin enthaltenen Kalkes.

In den grössten Tiefen des Ozeans in den Tropen, und in geringeren Tiefen aussertropischer Gegenden fehlen entweder die Schalen solcher pelagischer Foraminiferen, oder finden sich nur in Bruchstücken. Gleich den Coccosphären, Rhabdosphären, Pteropoden und anderen Schalen pelagischer Organismen sind sie gänzlich aufgelöst worden, entweder während sie durch das Wasser hinabsanken, oder kurz nachdem sie den Boden erreicht hatten.

Obwohl es nur 20 Arten pelagischer Foraminiferen giebt, so sind sie doch so zahlreich, dass sie gewöhnlich über 90 % des Kalkes in den kalkigen Sedimenten der Tiefsee bilden. Viele derselben sind während des Lebens von einer Hülle dünner Stacheln umgeben, welche bei der leisesten Erschütterung abbrechen, und daher an todten Schalen nie zu beobachten sind.

*Globigerina*¹⁾ und *Orbulina* fischte HAECKEL in Messina fast täglich, besonders im Februar in grosser Anzahl. Sehr oft war die ganze Schale mit einem Walde der ausserordentlich langen und borstendünnen, nach allen Seiten abstehenden Kalkröhrchen bedeckt, welche vielleicht wesentlich dazu beitragen, diesen Thierchen das Flottiren unter dem Wasserspiegel zu erleichtern, indem dadurch die Körperoberfläche der kleinen Wesen in hohem Maasse vermehrt, die Reibung an den umgebenden Wassertheilchen gesteigert und das Herabsinken in dem spezifisch leichteren Element bedeutend erschwert wird.

Pelagische²⁾ Foraminiferen schwimmen in grossen Zügen. Einen Tag traf der Challenger ungeheure Mengen von *Pulvinulina*, am nächsten Tag *Pullenia*, und *Pulvinulina* war selten. Die dickschaligen Formen wurden besonders in 182—273 m unter der Oberfläche gefangen.

Entsprechend dieser weiten Verbreitung, finden sich die Schalen der pelagischen Foraminiferen über die ganze Erde am Meeresgrunde verbreitet. Das Vorwiegen von *Globigerinaschalen* hat den Anlass zu dem Namen „Globigerinenschlick“ gegeben, während SW. von Island *Orbulina universa* sedimentbildend auftritt.

Während die benthonischen Foraminiferen für die Beurtheilung von Facies und Lokalfaunen werthvoll sind, kann man die planktonischen Arten für die Beurtheilung heteropischer Sedimente gut gebrauchen, denn sie finden sich in allen Tiefen und allen gleichzeitig gebildeten Sedimenten vom Küstensaum bis zur Tiefsee.

Die Häufigkeit der Foraminiferen ist durch ihre hohe Fruchtbarkeit bedingt. Bei *Globigerina* und *Nodosaria*³⁾ sind allerdings die Protoplasmapartien der einzelnen Kammern so wenig miteinander verbunden, dass die Annahme berechtigt erscheint, dass durch Zerfall der einzelnen Kammern eine Vermehrung der Thiere hervorgebracht wird, und VERWORN's Versuche haben ergeben, dass kernhaltige Theilstücke von *Polystomella* und *Orbitolites* in kurzer Zeit ihre Schale wieder auszubessern beginnen — allein die geschlechtliche Fortpflanzung scheint doch die Regel zu sein.

Miliola obesa bildet innerhalb 4 Wochen zwei neue Kammern. Im Allgemeinen scheint das Wachsthum sehr langsam zu erfolgen. Das Reproduktionsvermögen aber ist ausserordentlich gross, und zerbrochene Schalen werden leicht wieder gekittet.

Eine *Triloculina*⁴⁾ sass 14 Tage an der Wand des Glasgefässes, bedeckt mit einer dünnen Schicht bräunlichen Schlammes. Innerhalb weniger Stunden gebar sie dann 40 kugelige Junge.

An den Utrikularien⁵⁾ im Hafen von Wyk leben grosse Mengen von *Miliola*, welche Junge lebendig gebären, die ganz wie *Cornuspira* aussehen.

Die Balken⁶⁾ im Hafen von Triest sind oft mit *Grantia* (*Sycon ciliatum*) bewachsen. Beim Zerzupfen liefert der Schwammkörper

1) HAECKEL, Die Radiolarien, 1862, S. 166.

2) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 176.

3) CARPENTER, Ray Society 1862, S. 34.

4) M. SCHULZE, Sitzungsber. d. Naturf.-Ges. Halle 1855.

5) A. SCHNEIDER, Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie 1878, S. 448.

6) M. SCHULZE, Archiv f. Naturgeschichte, XXVI, S. 288.

grosse Mengen jugendlicher Foraminiferen. *Pencroplis proteus*¹⁾ enthielt 118 Embryonen gleichmässig im Mutterleibe vertheilt. Nur die 9 innersten Kammern waren frei davon, und bleiben wahrscheinlich bei der Geburt erhalten.

Die pelagischen Foraminiferen scheinen sich in grösseren Tiefen zu vermehren. CARPENTER²⁾ beobachtete 1869, dass das mit dem Schöpfapparat aus 1371 m emporgebrachte Bodenwasser trübe war. Diese Trübung wurde verursacht durch unzählige junge *Globigerina*, welche durch Filtriren leicht gesammelt werden konnten.

Obgleich die Foraminiferen am besten in Seewasser gedeihen, so kann man aus dem Foraminiferengehalt einer Ablagerung doch nicht mit Sicherheit schliessen, ob dieselbe festländisch oder marin gebildet worden ist. Foraminiferenschalen liegen in langen weissen Säumen am Meeresufer, werden von Seewinden landeinwärts getrieben und festländischen Sedimenten beigemengt. Auch die chitinöse Fauna der Aestuarien englischer Flüsse zeigt uns, dass foraminiferenreiche Ablagerungen in brackischem Wasser entstehen können. Während also abgerollte Foraminiferenschalen für Festland sprechen, ist der mehr chitinöse, kalkarme Charakter der Schalen ein Beweis für Brackwasser.

Im Meere finden wir biologisch voneinander unterschieden benthonische und planktonische Foraminiferen.

Die benthonischen Formen bilden die überwiegende Mehrzahl der Arten. Sie bewohnen hauptsächlich die pflanzenreiche Flachwasserzone; ihre Schalen sind massiv und umso kräftiger gebaut, je flacher und bewegter das Wasser ihres Lebensgebietes ist. Der faunistische Charakter benachbarter Gebiete wechselt sehr; infolgedessen können sie als Leitfossilien nicht verwandt werden, während sie für die Beurtheilung von Lokalfaunen von grossem Werthe sind.

Glandulina lacvigata zeigt, wie die Form der Varietäten in verschiedenen Meeren verschieden ist. In vielen Fällen werden die Schalen in höheren Breiten kleiner (aber *Rhabdammina abyssorum* u. A. werden im Polarmeer am grössten), andere Formen werden mit zunehmender Tiefe klein. Dagegen giebt es Arten, welche in vertikalem wie in horizontalem Sinne kosmopolitisch sind (*Nonionina scapha*).

Sichere Schlüsse lassen sich aus einzelnen Foraminiferenformen auf die Tiefe nicht ziehen, denn eine Seichtwasserform wie *Planorbulina mediterraneensis* wurde einmal auch in 2056 m gefunden. Immerhin wird man mit Hilfe der folgenden Tabelle Grenzwerte gewinnen können.

Obwohl die Schalen der Planktonformen meist in grösseren Tiefen, von 300–3000 m, sedimentbildend gefunden werden, so bringt es ihre pelagische Lebensweise doch mit sich, dass ihre Schalen in allen Tiefen vom Strand abwärts auftreten, und dass infolgedessen *Globigerina* oder *Orbulina* in Ablagerungen des Seichtwassers, des Brackwassers, ja sogar der Küstenländer ebenso gefunden werden können, wie in abyssischen Sedimenten. Der Reichthum einer Ablagerung an planktonischen Foraminiferen ist nicht so sehr ein Beweis

1) SCHLACKO, Archiv f. Naturgesch. 1883, S. 428.

2) CARPENTER, Proc. Roy. Soc. XXIII, S. 235.

dafür, dass die Ablagerung in grossen Tiefen gebildet wurde, als vielmehr dafür, dass klastische Sedimente an jener Stelle nicht aufbereitet wurden; und diese Vorbedingung kann sich in einer stillen Meeresbucht, in einer von Strömungen bewegten Meerenge oder in der Lagune eines Korallenriffes ebenso finden, wie in grossen Tiefen fern von der Kontinentalstufe.

Ihre kosmopolitische Verbreitung macht die planktonischen Foraminiferen besonders als Leitfossilien bemerkenswerth, obwohl z. B. *Pullenia obliquiloculata* in kälteren Zonen nicht lebt, und daher als Leitfossil für die heteropischen Sedimente der Gegenwart nicht so verwendet werden kann wie *Globigerina bulloides* und *Orbulina universa*.

Unvollkommene Steinkerne bleiben häufig zurück, wenn man foraminiferenreiche Sedimente mit Säure behandelt. In der Mehrzahl der Fälle sind sie von röthlicher oder brauner Farbe und beginnen mit einem dünnen Ueberzug auf der Innenfläche der Kammern. Im Wasser behalten sie leicht ihre Form, aber auf Platinblech getrocknet, kollabiren sie rasch, werden bisweilen schwarz, und hinterlassen nach dem Glühen einen röthlichen Rückstand.

In anderen Fällen kann man Phosphat in diesen Steinkernen nachweisen.

Obwohl man Foraminiferensteinkerne in den meisten Sedimenten beobachtet, so sind sie doch am zahlreichsten in Glaukonitsanden. Die Hauptmasse der Glaukonitkörner entsteht als Steinkern von Foraminiferenschalen; leicht kann man alle Uebergänge erkennen von solchen Exemplaren, wo nur eine rothbraune Rinde die Innenseite der Kammern auskleidet, zu hellgrünen Füllungen, endlich zu dunkelgrünen Glaukonitmassen, welche die Foraminiferenschalen durch ihre Vergrösserung sprengen, um frei weiterwachsend, endlich runde Glaukonitkörner zu bilden.

Im Südpazifik¹⁾ in einer Tiefe von 2650 m fand man im Globigerinenschlick überaus sonderbare Steinkerne. Die Foraminiferen zeigten u. d. M. eine sehr bunte Färbung, einige waren wie gewöhnlich rosaroth, andere waren durch einen dünnen Ueberzug von Eisenmanganhyperoxyd braun oder schwarz. Auf Dünnschliffen erkennt man an solchen braunen Exemplaren drei Zonen: im Centrum einen inneren Steinkern, dann die weisse Schale, endlich eine äussere Rinde, welche durch die Poren hindurch mit dem Steinkern verbunden war. Wenn durch Säure die Kalkschale gelöst wurde, so blieben die Abgüsse mit dem Steinkern noch verbunden, lösten sich aber bei geringem Druck. Die rothen Abgüsse sind im Querschnitt gelb oder braun. Nach ihrem Verhalten gegen Säuren und Alkalien unterscheiden sie sich wesentlich vom Glaukonit. Das Sediment enthält 61 % Kalk, einige Radiolaren und Diatomeen, sowie eine grosse Menge vulkanischen Materials.

Anmerkung. Für die Beurtheilung dieser und der folgenden Listen mögen einige Bemerkungen vorausgeschickt werden.

Es war mir nicht möglich, eine Reduktion der Synonymen durchzuführen, und wurde jede zuverlässige Tiefenangabe unter dem Namen angeführt, unter

1) CHALL., Deep Sea Dep., S. 390.

dem sie in der Originalarbeit aufgezählt war. Die Autorennamen werden es Jedem ermöglichen, sich hierüber ein eigenes Urtheil zu bilden.

In der Mehrzahl der Fälle ist die Tiefenangabe in englischen Faden die Originalzahl. Die Meterzahlen wurden nach der am Schluss des Buches angehefteten Reduktionstafel mit Weglassung der Dezimalen umgerechnet. Ich habe diese Umrechnung von einem zuverlässigen Rechner ausführen lassen und mich durch Stichproben von der Richtigkeit überzeugt; allein ich habe nicht jede Zahl nachrechnen können, und gebe die Reduktionstafel zum Schluss, damit Jeder in zweifelhaften Fällen die Zahlen selbst kontrolliren kann. Mein Bestreben war es, von jeder Gattung die Minimal- und Maximaltiefe des Vorkommens anzugeben. Wo nur eine Zahl angegeben ist, habe ich nur diese eine auffinden können.

Die alphabetische Anordnung der Namen konnte bei den Arten einer Gattung nicht überall streng durchgeführt werden; ich möchte empfehlen, den gesuchten Namen zuerst im systematischen Index nachzuschlagen. Wo mir mehrere Arten vorlagen, habe ich diejenigen ausgesucht, welche der Minimal- und der Maximaltiefe entsprechen, oder solche, die von besonderer geologischer Wichtigkeit sind. Nur bei einzelnen Gruppen, wie Brachiopoden und Crinoiden habe ich alle in den Monographien angeführten Arten hier aufgenommen.

Ein † hinter der Lothungszahl bedeutet, dass daselbst todte Exemplare gefunden wurden. In manchen Fällen ist in der Originalarbeit keine diesbezügliche Angabe zu finden gewesen, obwohl es sich auch um todte Exemplare handelte.

Bei planktonischen Formen bedeutet 0 = Oberfläche, bei benthonischen Arten 1 = Seichtwasser des Litorals.

Allomorphina trigona R.

345 f.
630 m.

Alveolina boscii DeFr.

Nur in warmen Breiten, hier oft auf Korallenriffen sehr häufig. Wird mit zunehmender Tiefe selten und verschwindet gewöhnlich bei 54 m. Kleine Exemplare wurden auf Raine Insel in 282 m gefunden. BRADY beobachtete sie noch in 712 m.

Alveolina melo F. M.

in seichter See, auf Korallenriffen

1—40 f.
1—73 m.

Ammodiscus shoncanus Sidd.

1—3950 f.
1—7223 m.

Ammodiscus charoides P. J.

90—2350 f.
164—4297 m.

auch im Aestuarium des Dee.

Im Loch Fyne:

105 f.
191 m.

Ammodiscus incertus d'O.

90—3125 f.
164—5714 m.

auch an allen englischen Küsten.

Amphistegina vulgaris d'O.

am Strand von Rimini.

Amphistegina lessonii d'O.

18—1750 f.
23—3199 m.

- Amphicoryne falx* J. P.
in den Irischen Küstenmeeren
79—400 f.
144—731 m.
- Anomalina ammonoides* Reuss
auf den Südpazifik beschränkt und nur einmal an den Bermudas
gefunden
37—1350 f.
67—2468 m.
- Anomalina coronata* P. J.
75—250 f.
137—456 m.
- Anomalina grosserugosa* Gümb.
675—2160 f.
1234—3949 m.
- Anomalina variolaria* d'O.
Seichtwasser, Mittelmeer.
- Articulina sagra* d'O.
besonders häufig in Korallensand
1—450 f.
1—822 m.
- Aschemonella catenata* Norm.
210—290 f.
383—529 m.
- Astrorhiza limicola* Sandahl.
1—70 f.
1—128 m.
- Astrorhiza arenaria* Norm.
150—650 f.
273—1188 m.
- Bathysiphon filiformis* Sars.
79—110 f.
144—200 m.
- Bigenerina* d'O.
sehr häufig im Nordatlantik, gemein im Mittelmeer, seltener im
Südatlantik, sehr selten im Nordpazifik, vollkommen fehlend im
Südpazifik.
- Bigenerina caprolus* d'O.
390—675 f.
712—1234 m.
- Bigenerina digitata* d'O.
britische Küsten. Aestuarium des Dee.
- Bigenerina nodosaria* d'O.
1—360 f.
1—657 m.
- Biloculina compressa* d'O.
50—220 f.
91—401 m.
- Biloculina denticulata* Br.
gehört zur Korallenriffauna
11—40 f.
20—73 m.

- Biloculina ringens* Lk. 1—675 f.
1—1234 m.
- Biloculina* sp. 2222 m.
in 63° 22' N. Br. 5° 29' W. L.
- Biloculina depressa* d'O., *B. elongata* d'O., *B. ringens* Lam.
in britischen Aestuarien.
- Bolivina limbata* Br. 18—40 f.
32—73 m.
- Bolivina punctulata* d'O. 1—1100 f.
1—2011 m.
- Bolivina plicata* d'O.
oft im Brackwasser der britischen Küsten.
- Bulimina Buchana* d'O. 1—360 f.
1—657 m.
- Bulimina Pressli* Reuss. 80—365 f.
146—666 m.
- Bulimina marginata* d'O. 150—675 f.
273—1234 m.
- Bulimina affinis* d'O.
im rothen Tiefseethon 3125 f.
5714 m.
- Bulimina elegantissima* d'O.
ist eine spezifisch arktische Form, häufig in der Davisstr. 30—70 f.
54—128 m.
- Bulimina pupoides* d'O., *B. marginata* d'O., *B. ovata* d'O., *B. elegantissima* d'O.
im Brackwasser britischer Flüsse.
- Calcarina hispida* Br. 3—37 f., einmal 155 f.
5—67 m. 282 m.
- Carpenteria urticularis* Cart. 18—150 f.
32—273 m.
- Carpenteria proteiformis* Goes. 390 f.
712 m.
- Cassidulina crassa* d'O. 40—1750 f.
73—3199 m.
- Cassidulina lacvigata* d'O. 1—360 f.
1—657 m.
selten in geringenen Tiefen als 54 m, findet sich auch im Brackwasser des Dee.

Chilostomella ovoides Reuss.

häufig an den Norwegischen Küsten

100—200 f.

182—365 m.

im Südpazifik

150—1875 f.

273—3428 m.

im Nordpazifik

95—3125 f.

173—5714 m.

Chrysalidina dimorpha Br.

40 f.

73 m.

Clavulina communis d'O.

345—1675 f.

630—3063 m.

Auf der nördlichen Halbkugel nicht nördlich des 40.° N. Br.,
 doch auf der südlichen Halbkugel vom Aequator bis zur
 antarktischen Eisbarriere weit verbreitet.

Cornuspira foliacea Ph.

zieht Schlamm Boden vor

1—500 f.

1—914 m.

auch im Aestuarium britischer Flüsse.

Cornuspira involvens Reuss.

häufig in Seichtwasser.

390—675 f.

712—1234 m.

Cristellaria crepidula F. M.

im seichten Wasser der gemässigten Zone, auch im Brackwasser
 britischer Flüsse.

40—390 f.

73—712 m.

nur einmal im tropischen Südatlantik in

2350 f.

4297 m.

Cristellaria rotulata Lk.

1—500 f.

1—914 m.

Cristellaria rotula Lk.

345—1990 f.

630—3638 m.

Cristellaria variabilis Reuss.

100—200 f.

182—365 m.

Dendritina arbuscula d'O.

Strand von Livorno.

Dendrophrya radiata Str. Wr.

britische Küsten.

Dentalina communis d'O.

1—1100 f.

1—2011 m.

auch im Brackwasser britischer Flüsse.

Diaphorodon mobile Archer.

britische Küsten.

Dimorphina tuberosa d'O.

90—360 f.
164—657 m.

Discorbina P. J.

findet sich von Novaja Sembla bis nach den Kerguelen, häufig in seichtem Wasser, nie tiefer als 1828 m.

Discorbina orbicularis Terqu.

häufig auf Korallenriffen

1—435 f.
1—795 m.

Discorbina rosacca d'O., *D. globularis* d'O., *D. ochracea* Will. im Brackwasser des Dee.

Entzia tetrastomella Dad.

mit chitinös-kieseliger Schale, von Rotalidenform, lebt in Salztümpeln bei Déva in Transsylvanien.

Fron dicularia

sehr selten; nur in Westindien und auf den Bermudas, sowie südwestlich von Papua etwas häufiger, bis 1097 m.

Fron dicularia robusta Br.

40 f.
73 m.

Fron dicularia alata d'O.

390 f.
712 m.

Gaudryina pupoides d'O.

bis 200 f.
365 m.

auch im Aestuarium britischer Flüsse.

Gaudryina badensis Rs.

90—500 f.
164—914 m.

Glandulina laevigata d'O.

Die subeylindrische Form im Nordatlantik 53°—79° N. Br. Die runden und ovalen Formen auch im Rothen Meer und im Pazifik

7—1375 f.
12—2514 m.

auch im Brackwasser englischer Flüsse.

Globigerina bulloides d'O.

lebt pelagisch, ihre Schalen finden sich von

0—3150 f.
0—5760 m.

in allen Tiefen und allen Sedimenten. Im Mittelmeer

0—1700 f.
0—3108 m.

unter 64° N. Br., 4° Oe. L. in 1099 m. Nach Brady erreichen die Exemplare im Nordatlantik oft 0,6 mm Durchmesser; im Polarmeer werden sie dickschalig, kompakt, aber nur 0,3 mm gross. Nicht selten im Brackwasser des Dee von Chester bis Hilbre.

- Globigerina inflata* d'O.
von 82° N. Br. bis 53° S. Br. pelagisch.
- Globigerina pachyderma* Ehr.
im Polarkreis sehr häufig, aber nicht südlicher als die „kalte Area“
des Färökanals in 60° N. Br. gehend.
- Globigerina rubra* d'O.
0—3150 f.
0—5760 m.
- Grammostomum capreolus* d'O.
Küste von Rimini.
- Grammostomum gramen* d'O.
40 f.
73 m.
- Gromia oviformis* Duj.
schlammige Küsten.
- Gypsina globulus* Reuss.
1—400 f.
1—731 m.
auf Korallensand.
- Haplophragmium agglutinans* d'O.
2—3125 f.
3—5714 m.
- Haplophragmium canariense* d'O.
40—3125 f.
73—5714 m.
- Haplophragmium globigeriniforme* Br.
wird im Polarmeer nur $\frac{1}{10}$ so gross wie im Nordatlantik.
- Haplophragmium nanum* Br.
im Polarmeer sehr gemein
100—400 m.
- Haplophragmium subglobosum* Br.
einer der wichtigsten Bestandtheile des Biloculinenschlammes im
Nordatlantik, sonst nur am Franz-Josephs-Land
230 m.
- Haplostiche Soldanii* J. P.
in warmen Meeren
40—435 f.
73—795 m.
- Hauercina ornatissima* Karr.
auf Korallensand in tropischen Meeren
18—420 f.
32—767 m.
- Heterostegina depressa* d'O.
häufig auf Korallensand
1—620 f.
1—1133 m.
- Hippocrepina indivisa* Park.
im Polarmeer von 73° N. Br. ab
29—36 m.
- Hyperammina elongata* Br.
45—3125 f.
82—5714 m.
selten im Aestuarium britischer Flüsse.

Hyperammina arborescens Norm.

20—70 f.
36—128 m.

häufig in Firth of Clyde.

Hyperammina vagans Br.
kosmopolitisch

15—2900 f.
27—5303 m.

Jaculella acuta Br.

60—2900 f.
109—5303 m.

Lagena Walker.

nimmt im Polarmeer nach Norden zu ab, häufig im seichten Wasser der britischen Küsten.

Lagena globosa Mont.

1—1990 f.
1—3638 m.

Lagena sulcata W. J.

1—250 f.
1—456 m.

im Mittelmeer.

Lagena sulcata W. J., *L. Lyelli* Seg., *L. laevis* Mont., *L. gracilina* Seg., *L. striata* d'O., *L. semistriata* Will., *L. globosa* Mont., *L. marginata* W. J., *L. ornata* Will., *L. pulchella* Br., *L. lucida* Will., *L. aspera* Reuss., *L. caudata* d'O., *L. melo* d'O., *L. spumosa* Mont.

im Aestuarium des Dee.

Lingulina carinata d'O.

1—675 f.
1—1234 m.

Lieberkühnia Wageneri Clap. Lachm.

auf Algen und Hydrozoen in Seichtwasser.

Lingulina carinata d'O.

Küstensand.

Lituola pelagica d'O.

im Mittelmeer

40—1100 f.
73—2011 m.

Lituola canariensis d'O.

30—106 f.
54—192 m.

Lituola sp.

häufig in der Davisstr.

25—70 f.
45—128 m.

Lituola sp. nach Schmelk unter 66° N. Br. und 3° Oe. L. in

1472 m.

Lituola canariensis d'O., *L. scorpiurus* Montf., *L. fusiformis* Will.,
im Brackwasser des Deeßlusses.

Marginulina lituus d'O.

1—360 f.
1—657 m.

Marginulina glabra d'O.

345—1750 f.
630—3199 m.

auch im Aestuarium britischer Flüsse.

Masonella patelliformis Br.

auf den Andamanen

270 f.
493 m.

Microgromia socialis Arch.

Irland.

Miliolina alveoliniformis Br.

typische Korallenriffform, doch nicht gesellig.

Miliolina oblonga Mont.

18—2425 f.
32—4434 m.

Nodosaria raphanus L.

1—1100 f.
1—2011 m.

Nodosaria proxima Silv.

40 f.
73 m.

Nodosaria mucronata Neugeb.

2425 f.
4434 m.

Nodosaria scalaris Batsch., *N. radícula* L., *N. hispida* d'O.

im Aestuarium britischer Flüsse.

Nonionina

bildet sich im Polarmeer ein Nest aus hellem Sand, in der Form eines zeltähnlichen Deckels, welcher nicht mit der Schale verbunden ist.

Nonionina turgida Will.

18—1100 f.
32—2011 m.

Nonionina umbilicata Mont.

410—2425 f.
749—4434 m.

Nonionina asterizans F. M.

auch im Brackwasser

1—220 f.
1—401 m.

Nonionina scapha F. M.

weit verbreitet von Patagonien bis 83° N. Br.

7—1360 f.
12—2486 m.

grosse zahlreiche Exemplare im arktischen Ozean, eine Art unter 69° n. Br. in

2886 m.

Nonionina scapha F. M., *N. depressula* W. J. (auch in Salztümpeln).

N. umbilicata Montf., *N. turgida* Will.; *N. asterizans*.

im Aestuarium des Deeflusses.

Nubecularia lucifuga Defr.

Küste von Rimini.

Nubecularia inflata Br.18—420 f.
32—767 m.*Nummulites Cumingii* Carp.

im Korallensand

10—25 f.
18—45 m.*Operculina*.

Die kleineren Formen kosmopolitisch auf der nördlichen Halbkugel, die grösseren Formen häufig im Seichtwasser tropischer Meere.

1—30 f.
1—54 m.*Operculina complanata* Defr.18—420 f.
32—767 m.*Ophthalmidium inconstans* Br.26—2300 f.
47—4206 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses.

Orbiculina adunca F. M.

eine wesentlich tropische Form des Seichtwassers, welche selten in grösseren Tiefen gefunden wird

—450 f.
822 m.*Orbitolites complanatus* L.1—40 f.
1—73 m.*Orbitolites marginalis* Lk.18—390 f.
32—712 m.*Orbitulina (Patellina) corrugata* Will.1—250 f.
1—456 m.*Orbulina universa* d'O.

weit verbreitet vom 76° N.Br. bis 50° S.Br. im offenen Ozean wie im adriatischen Meer. An den Küsten seltener, SW. von Irland aber sedimentbildend. Auch im Aestuarium britischer Flüsse. Seichtwasserformen von brauner Farbe.

0—3150 f.
0—5760 m.*Patellina corrugata* Will.1—420 f.
1—767 m.

häufig auf Schlamm Boden, bisweilen im Aestuarium britischer Flüsse.

Patellina sp.

eine kleine Form, häufig in der Davisstrasse

30—70 f.
54—128 m.

Pelosina cylindrica Br.

50—2050 f.
91—3748 m.

Pelosina variabilis Br.
im Firth of Clyde.

Pencroplis.
heimisch in Seichtwasser bis
Pencroplis laevigatus Br.

54 m.
390 f.
712 m.

Pilulina Jeffreysii Carp.

630—1476 f.
1151—2698 m.

Placopsilina cenomana d'O.

1—120 f.
1—218 m.

Placopsilina bulla Br.

2160 f.
3949 m.

vielleicht auch im Aestuarium des Deeflusses.

Planispirina celata Costa

28—1630 f.
51—2980 m.

Planispirina contraria d'O.

40—1425 f.
73—2605 m.

vielleicht bis

2160 f.
3949 m.

Planispirina sigmoidea Br.

300—900 f.
548—1645 m.

Planorbulina farcta F. M.

1—220 f.
1—400 m.

Planorbulina mediterraneensis d'O.

Seichtwasser der gemässigten und tropischen Zone selten unter
90 m, einmal

1125 f.
2056 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses.

Planulina ariminensis d'O.

1—500 f.
1—914 m.

Planularia cymba Defr.
Sand bei Rimini.

Polymorphina lactea W. J.

1—220 f.
1—400 m.

Var. *communis* W. ist nach WILLIAMSON so variabel, dass sich
nicht 2 Schälchen gleichen.

Polymorphina longicollis Br.

2425 f.
4434 m.

Polymorphina communis d'O., *P. compressa* d'O., *P. oblonga* W.,
P. Thouini d'O., *P. fusiformis* Roemer., *P. lactea* W. J., *P. con-*
cava Will., *P. gibba* var. *aequalis* d'O.

im Aestuarium des Deeflusses.

Polystomella crispa L.

1—1700 f.
1—3108 m.

Polystomella striatopunctata F. M.

1—337 f.
1—615 m.

auch in Salztümpeln.

Beide Arten auch im Aestuarium des Deeflusses.

Polystomella arctica P. J.

24—90 f.
43—164 m.

Polytrema miniacca L.

bildet kleine 3—4 mm dicke rothe Krusten auf Seepflanzen und
Conchilien

1—390 f.
1—712 m.

Psammospaera fusca Sch.

weit verbreitet

45—2800 f.
82—5120 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses.

Pullenia obliquiloculata P. J.

pelagisch lebend von 41° N. Br. bis 34° S. Br.

0—2675 f.
0—4891 m.

Pullenia sphaeroides d'O.

345—2425 f.
630—4434 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses.

Pulvinulina repanda Br.

10—106 f.
18—192 m.

Pulvinulina auricula Br.

10—500 f.
18—914 m.

am besten gedeihend in 128 m.

Beide Arten auch im Aestuarium des Deeflusses.

Pulvinulina menardii Br.

0—2700 f.
0—4937 m.

Pulvinulina Schreibersii Br.

30—2700 f.
54—4937 m.

Pulvinulina elegans Br.

70—1000 f.
128—1828 m.

Pulvinulina canariensis d'O.

0—1240 f.
0—2267 m.

Quinqueloculina seminulum L.

1—1100 f.
1—2011 m.

Quinqueloculina agglutinans d'O., *Q. seminulum* L., *Q. pulchella* d'O.,
Q. bicornis W. J., *Q. secans* d'O., *Q. subrotunda* Mont., *Q. Ferrussacii* d'O., *Q. candeina* d'O., *Q. fusca* Br.
im Aestuarium des Deeflusses.

Ramulina globulifera Br.
Küstensand.

Reophax scopiurus Mont.

gemein in arktischen und tropischen Meeren
3—3950 f.
5—7223 m.

Reophax nodulosa Br.

14—3150 f.
25—5760 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses.

Rhabdammina abyssorum Sars.

400—2435 f.
731—4453 m.

erreicht im Polarmeer das Maximum ihrer Grösse.

Rhabdognium tricarinatum d'O.

100—200 f.
182—365 m.

Rhizammina algaeformis Br.

210—2900 f.
383—5303 m.

Rimulina glabra d'O.

90 f.
164 m.

Rotalia Beccari L.

meist Seichtwasser, auch im Aestuarium des Deeflusses

1—220 f.
1—401 m.

kleine Formen noch in

2950 f.
5394 m.

Rotalia calcar d'Ob.

Seichtwasser auf Korallensand.

Rotalia Michelinana d'O.

90—1700 f.
164—3108 m.

Rotalia orbicularis d'O.

von 60° N. Br. bis 43° S. Br.

100—2400 f.
182—4389 m.

Rotalia Soldanii d'O.

von 60° N. Br. bis 64° S. Br., selten unter 300 f. = 548 m.

—2000 f.
3657 m.

Rotalia Ungerana d'O.

1—500 f.
1—914 m.

Rotalia Beccaria L. und *R. nitida* Will.
auch im Aestuarium des Deeflusses.

Saccamina sphaerica Sars.

an den Küsten von Franz-Josephsland die am meisten auffallende
Form, kommt nicht weiter südlich vor

90—2050 f.
164—3748 m.

Sagrina raphanus P. J.

40—420 f.
73—767 m.

Sagrina dimorpha P. J.

1—390 f.
1—712 m.

Shephcardella lacniformis Siddall
auf Hydrozoen im Seichtwasser.

Sorosphaera confusa Br.

542—2900 f.
990—5303 m.

Sphaeroidina bulloides d'O.

1—500 f.
1—914 m.

Sphaeroidina dehiscens P. J.

0—2425 f.
0—4434 m.

einmal auch aus dem Aestuarium des Deeflusses.

Spirillina Ehr.

Die zarten kleinen Schälchen sind weitverbreitet, doch meist in
seichem, schlammigem Wasser.

Spirillina vivipara Ehr.

1—1635 f.
1—2990 m.

Spirillina margaritifera und die vorhergehende Art
auch im Aestuarium des Deeflusses.

Spiroloculina planulata Lam.

im Seichtwasser der gemässigten Zone weitverbreitet, ausnahms-
weise im Nordatlantik in

2000 f.
3657 m.

Spiroloculina limbata d'O.

1—500 f.
1—914 m.

auch im Aestuarium des Deeflusses mit

Sp. planulata Lk. und *Sp. canaliculata* d'O.*Spiroplecta rosula* Ehr.

Küste von Dublin.

Squamulina laevis Sch.

auf Zoophyten an den britischen Küsten.

- Technitella legumen* Norman.
60—2350 f.
109—4297 m.
auch im Aestuarium des Deeflusses.
- Textularia abbreviata* d'O.
1—1635 f.
1—2990 m.
- Textularia agglutinans* d'O.
weitverbreitet
1—3125 f.
1—5714 m.
- Textularia gramen* d'O.
18—675 f.
32—1234 m.
- Textularia sagittula* DeFr., *T. variabilis* Will., *T. pygmaea* d'O.,
T. difformis Will., *T. globulosa* Ehr.
im Aestuarium des Deeflusses.
- Thurammina papillata* Br.
38—110 f.
69—200 m.
- Triloculina oblonga* Mont.
1—1700 f.
1—3108 m.
- Triloculina trigonula* d'O.
1—500 f.
1—914 m.
beide Arten auch im Aestuarium des Deeflusses.
- Trochammina clavata* P. J.
90—1700 f.
164—3108 m.
- Trochammina ringens* Br.
18—1750 f.
32—3199 m.
- Trochammina inflata*, var. *macrescens* Br.
50—115 f.
91—209 m.
auch in brackischen Tümpeln.
- Trochammina incerta* d'O., *T. gordialis* P. J., *T. squamata* P. J.,
T. macrescens Br., *T. inflata* Mont.,
auch im Aestuarium des Deeflusses.
- Truncatulina lobatula* W. J.
lebt parasitisch, auf Schalen angeheftet, unter Laminarienblättern.
In Anpassung an die Unterlage ist die Form sehr wechselnd.
Lebt vom Nordpolarmeer bis zur antarktischen Eisbarriere weit-
verbreitet, meist in Seichtwasser
1—2335 f.
1—4270 m.
- auch im Aestuarium des Deeflusses mit
- Truncatulina refulgens* Mont.
- Uvigerina asperula* Cz.
40—2335 f.
73—4270 m.

- Uvigerina pygmaea* d'O. 1—360 f.
1—657 m.
doch meist tiefer als 54 m.
- Uvigerina* sp.
kleine Formen sind in der Davisstrasse häufig 30—70 f.
54—128 m.
eine Art findet sich unter 62° N. Br. und 2° O. L. in 413 m.
- Uvigerina angulosa* Will., *Uv. irregularis* Br. und *Uv. pygmaea* d'O.,
auch im Aestuarium des Deeflusses.
- Vaginulina striata* d'O.
Küste von Rimini.
- Vaginulina spinigera* Br. 410—675 f.
749—1234 m.
- Valvulina angularis* d'O.
Küste von Spezia.
- Valvulina triangularis* d'O. 106 f.
192 m.
- Valvulina fusca* Will. 390—410 f.
712—749 m.
- Verniculina communis* d'O. 1—360 f.
1—657 m.
- Verniculina spinulosa* R. 18—390 f.
32—712 m.
auch im Aestuarium des Deeflusses mit
- Verniculina polystropha* Reuss
- Vertebralina striata* d'O.
Seichtes Wasser der beiden warmen Zonen, aber nicht nördlich
des Mittelmeeres 1—420 f.
1—767 m.
- Vertebralina inaequalis* Gm. 360—1635 f.
657—2990 m.
- Virgulina squamosa* d'O. 26—3125 f.
47—5714 m.
- Virgulina Schreibersii* Cz.
auch im Aestuarium des Deeflusses.
- Webbina hemisphaerica* J. P. Br. 25—33 f.
45—60 m.
- Webbina clavata* J. P. 100—120 f.
182—218 m.

3. Radiolaria.

Es wurden bei der Ausarbeitung benutzt:

BRANDT, Die koloniebildenden Radiolarien (Sphaerozoen), Fauna und Flora des Golfes von Neapel, XIII, 1885.

CHUN, Die pelagische Thierwelt in grösseren Meerestiefen. Bibliotheca zoologica, 1888.

HAECKEL, Die Radiolarien, 1862.

HAECKEL, Report on the Radiolaria. The Voyage of H. M. S. CHALLENGER, Zoolog. XVIII.

W. THOMSON, The Atlantic,

und andere Abhandlungen, welche im Text citirt werden.

Die Radiolarien sind einzellige Organismen, deren Protoplasma-leib durch eine chitinöse rundliche Kapsel in zwei Theile getheilt wird. Das intracapsuläre Protoplasma, welches den oder die Kerne enthält, communicirt durch viele Poren mit dem äusseren Protoplasma; dieses sendet die Pseudopodien nach allen Seiten aus und scheidet ein Kieselskelett ab, welches grosse Formenmannichfaltigkeit darbietet. Alle echten Radiolarien (mit Ausnahme der Heliozoen) sind Meeres-thiere und leben pelagisch im offenen Ozean an der Oberfläche oder in verschiedenen Tiefen.

Obwohl die Radiolarien gleich den Diatomeen universell verbreitet sind, scheinen sie doch am zahlreichsten zu sein, wo das spezifische Gewicht des Wassers gering ist. Sie schwärmen besonders in der warmen und verhältnissmässig ruhigen Region des südwestlichen Pazifik und zwischen den Inseln des Malaischen Archipels, wo sie viel zahlreicher sind als in irgend einem Theil des Atlantik. Sie bewohnen alle Zonen der See, jedenfalls ihre oberen und unteren Regionen.

Während die Diatomeen¹⁾ mehr nahe der Küste und im brackischen Wasser gedeihen, trifft man die Radiolarien mehr im offenen Ozean. In terrigenen Absätzen bilden ihre Skelette selten mehr als 3%, während sie im Sediment der Tiefsee bisweilen 70% ausmachen. Wahrscheinlich gehören die meisten Phaeodarien, ein grosser Theil der Nasselarien, aber nur wenige Akantharien und Spumellarien zu den abyssalen Formen. Sie sind meist kleiner, massiger gebaut, mit größerem

1) MURRAY & RENARD, Challenger Deep Sea Deposits S. 283.

Gitterwerk, dickeren Balken und geringerer Entwicklung der äusseren Verzierungen. Dagegen sind die pelagischen Radiolarien der Meeresoberfläche durch zartere Skelette ausgezeichnet; die Poren der Gitterkugeln sind grösser, die verbindenden Balken dünner, der Besatz mit Dornen, Ankern u. s. w. ist mannichfaltiger und stärker entwickelt. Bei ungünstigem Wetter scheinen sie 36—54 m tief zu sinken.

Skelette von *Spongosphæra* und anderen Radiolarien bleiben selbst in einem Glase Wasser mehrere Tage, ja Wochen lang in der Schwebe wegen des Reibungswiderstandes, den die zahllosen feinen Kieselfäden dem Wasser entgegensetzen.

Sobald man dem Seewasser Süsswasser zusetzt, sinken die Sphärozoen in demselben Augenblick unter, weil ihr spezifisches Gewicht jetzt grösser ist als das des Wassers. Sie werden normaler Weise nur durch die Gallerte und die Vakuolen in der Schwebe gehalten. Durch Einziehen der Pseudopodien verringert sich das Volumen, und das Thier sinkt in eine tiefere Wasserschicht. Nach VERWORN ist bei dem vertikalen Auf- und Absteigen der Radiolarien ausserdem die Vakuolenschicht sehr wesentlich betheiligt. Durch Vakuolenbildung wird das Radiolar zum Steigen gebracht, während ein Platzen der Vakuolen das Niedersinken veranlasst.

Die meisten Radiolarien fängt man bei ganz ruhigem, klaren, nicht zu hellen oder zu warmem Wetter, wenn der Meeresspiegel recht glatt und wellenlos und die Masse der übrigen pelagischen Thiere, die daselbst ihr Spiel treiben, nicht zu gross ist. Schon bei mässigem Wellenschlag sinken sie in die Tiefe. Weniger empfindlich scheinen sie gegen Regen zu sein. Mehrere Male hatte HÆKSEL reichliche Ausbente, als er bei Messina inmitten starker Regengüsse die Fischerei begann und beendete. Sobald das Wasser aber durch Süsswasser und Schlamm verunreinigt ist, verschwinden sie spurlos, selbst wenn sie vorher massenweis vorhanden waren. Daher beginnt der Fang meist erst in einiger Entfernung von der Küste lohnend zu werden.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Radiolarien nicht immer in gleichem Verhältniss mit der übrigen Masse der pelagischen Thiere zu- und abnehmen. Im Gegentheil verhielt sich ihre Menge häufig umgekehrt zu der der übrigen Schwimmer, so namentlich an den Tagen, wo durch Nordwinde das Plankton im Hafen von Messina zwischen Lazzaretto und Salvatore zusammengetrieben und ein wahrer Thierbrei erzeugt wird. Es gelang dann nicht, in dem Bodensatz des pelagischen Mulders zwischen den zahllosen kleinen Salpen und Quallen die Radiolarien herauszufinden. Nur im Magen dieser Thiere waren gewöhnlich gefressene Radiolarien zu sehen.

Trotz ihrer stacheligen Skelette scheinen die Radiolarien von den pelagischen Thieren gern gefressen zu werden, denn Fische, Cephalopoden, Medusen, Siphonophoren, Salpen, Heteropoden, Pteropoden, Krebse enthalten in ihrem Darikanal oft eine grosse Zahl wohl-erhaltener Radiolarien.

Sie werden im ganzen Atlantik gefunden und manchmal in solcher Menge, dass die See durch sie leicht gefärbt wird. Die Formen, welche in solchen Mengen auftreten, sind meist Akanthometriden, doch waren auch Polycystinen und verwandte Gattungen zahlreich. Gewöhnlich steht die Zahl der Radiolarien im Plankton in einem

direkten Verhältniss zu der Menge ihrer Skelette in dem darunter befindlichen Sediment. Häufig beobachtet man aber auch, dass, während gewisse Arten an der Oberfläche wimmeln, nur sehr wenige ihrer Gerüste am Meeresboden entdeckt werden konnten. Das betrifft besonders die Akanthometriden, und rührt wahrscheinlich von der grossen Zartheit ihrer Kieselstacheln her, welche gelöst werden, ehe sie zur Tiefe sinken. Die Polycystinen scheinen weniger leicht zerstörbar zu sein und finden sich in Menge am Boden der grössten Tiefen.

Radiolarienreiche Ablagerungen wurden durch den Challenger in folgenden Tiefen gefunden (die Buchstaben A bedeuten sehr viel, E sehr wenig Skelette):

Nr. der Station	Tiefe in Faden	Tiefe in Metern	Reichthum
162	38	69	E
304	45	82	E
151	75	137	D
201	82	150	C
200	250	456	B
214	500	914	C
220	1100	2011	C
216	2000	3657	B
241	2300	4206	A
249	3000	5486	B
225	4475	8183	A.

Ueber die speziellen Lebenserscheinungen der Radiolarien ist leider nur sehr wenig bekannt.

In filtrirtem Seewasser¹⁾ halten sich Thalassicollen 2 Monate lang, mager aber etwas ab. Flottirt das Radiolar frei im Wasser, so bleiben an seinen Pseudopodien allerlei kleine, im Plankton befindliche Organismen kleben, welche ihm als Nahrung dienen (Krebse, Rotatorien, Infusorien). Grössere Krebschen reissen sich häufig wieder los.

Untersucht man Sphärozoen, die zusammen mit zahlreichen anderen pelagischen Thieren stundenlang in einem Glase gestanden haben, so bemerkt man häufig Diatomeen, Infusorien, Peridinen und kleine Radiolarien, zuweilen aber auch grössere Thiere wie Ostrakoden, Kopepoden, Larven von Dekapoden, Appendikularien, Echinodermen an ihnen. Nicht selten kann man dann wahrnehmen, dass Pseudopodien in das abgestorbene Thier eindringen, und dass nach kurzer Zeit der Weichkörper derselben fast vollständig verschwunden ist.

Sehr häufig findet man in den Radiolarien jene „Gelben Zellen“ oder Xanthellen, deren Bedeutung für die thierische Assimilation schon S. 6 besprochen worden ist.

Die Xanthellen, welche fast sämmtlich im Assimilationsplasma liegen, produziren mehr Stärke, als sie für ihren Bedarf nöthig haben. Der Ueberschuss von Amylum diffundirt durch die Membran und findet sich dann im Plasma des Radiolars theils in Form von kleinen Körnern, theils in gelöstem Zustand. Von diesem Stärkezusatz lebt das Radiolar zu solchen Zeiten, wo ihm andere Nahrung nicht erreichbar ist. Die Xanthellen aber können ebenso wenig wie andere Algen in grösseren lichtlosen Meerestiefen assimiliren. Im Zusammenhang damit

1) VERWORN, Archiv f. Physiologie, Bd. 51, S. 39.

scheint es zu stehen, dass die mit dem Tiefennetz gefangenen Arten der Radiolarien keine Xanthellen zeigten, während sich in den an der Oberfläche lebenden solche finden.

Die zarten Skelette der Radiolarien machen sie nur wenig erhaltungsfähig, und obwohl sie lebend in allen Theilen des Meeres oft in grosser Menge angetroffen werden, so bilden sie doch nur in einzelnen Regionen der Tiefsee einen wesentlichen Theil des Sedimentes.

Die Nähe der Küste meiden die lebenden Thiere; daher sind es meist schlecht erhaltene, zerbrochene Skelette, welche im Bereich des Küstensaumes dem Sediment beigemischt werden. Allein es können durch oberflächliche Strömungen des Meeres Bedingungen gegeben sein, welche auch in küstennahen, selbst in brackischen Absätzen eine grosse Zahl von Radiolarien finden lassen.

Da die Radiolarien einen wichtigen Theil der Nahrung pelagischer Thiere bilden, so werden sie durch Fische, Krebse, Mollusken weithin verschleppt und können als Koprolithenbestandtheile an Orten zum Absatz kommen, welche ihrem Lebensgebiet vollkommen fremd sind. Marine Fische, welche im Oberlauf von Flüssen laichen, pelagische Krebse, welche durch Stürme an den Strand getrieben, pelagische Thiere, welche in einer todten Bucht zusammengeschwemmt werden, helfen daselbst eine radiolarienreiche Ablagerung schaffen.

Ueberhaupt sind planktonische kleine Organismen, wie die Radiolarien, unter günstigen Bedingungen in jeder beliebigen Ablagerung anzutreffen und daher ungeeignet, um mit ihrer Hilfe ein Urtheil über die Tiefe abzugeben, in welcher das sie enthaltende Sediment gebildet wurde.

Bemerkenswerth ist es von diesem Gesichtspunkt, dass manche Tripelgesteine aus Radiolarien und Diatomeen bestehen, obwohl beide Gruppen ganz verschiedene Gebiete des Meeres beleben. Die Radiolarien, welche im Wasser des offenen Ozeans, und die Diatomeen, die im Gebiet der Kontinentalstufe selbst in brackischem Wasser gut gedeihen, sind in diesem Fall ein deutlicher Hinweis auf die mannichfaltigen Transportmittel, welche die Reste pelagischer Wesen fern von ihrem Lebensbezirk zum Absatz bringen.

Ueber die Radiolariengesteine siehe auch den Abschnitt: Sedimente der Tiefsee, im dritten Theil dieses Buches.

Acanthodesmia

Oberfläche — 2900 f.
0—5303 m.

Acanthometra (*Acanthonia* H.)

Oberfläche und verschiedene Tiefen.

Acanthometra tetracopa

600—1200 m.

bei Capri lebend.

Acanthostaurus

Oberfläche.

Actinomma

Oberfläche — 3125 f.
0—5714 m.

<i>Actinomma asteracanthion</i>	600 m.
bei Capri lebend.	
<i>Amphibrachium</i>	Oberfläche — 2700 f. 0—4937 m.
<i>Amphilonche ovata</i>	600—1200 m.
bei Capri lebend.	
<i>Amphisphaera</i>	2425 f. 4434 m.
<i>Anthocorys (Phormocampe)</i>	2400—2900 f. 4389—5303 m.
<i>Anthocyrtis</i>	
Tropische Atlantik	1990 f. 3638 m.
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Arachnosphaera myriacantha</i>	600 m.
bei Capri lebend.	
<i>Archicapsa</i>	
Centralpazifik	2400—2900 f. 4389—5303 m.
<i>Archicircus</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Archicorys</i>	
Centralpazifik	2600 f. 4754 m.
Westlicher Tropischer Pazifik	4475 f. 8183 m.
<i>Aspidomma (Phractopelta hystrix H.)</i>	Oberfläche.
<i>Astrolithium (Acanthometron)</i>	
Centralpazifik	Oberfläche.
<i>Atactodiscus (Porodiscus irregularis)</i>	
kosmopolitisch	Oberfläche.
<i>Aulacantha</i>	
Nordatlantik	Oberfläche.
Südatlantik	2040 f. 3730 m.
<i>Aulacantha scolymantha</i>	600—1200 m.
bei Neapel lebend.	

<i>Aulosphaera</i>	
Südostpazifik	2225 f. 4068 m.
<i>Aulosphaera elegantissima</i>	600—1200 m.
bei Capri lebend.	
<i>Bothryocampe</i> (<i>Phosmobotrys</i>)	
Westlicher Tropischer Pazifik	4475 f. 8183 m.
<i>Bothryocyrtis</i>	0—2200 f. 0—4023 m.
<i>Cannobotrys</i>	
Nordpazifik	0—3125 f. 0—5714 m.
<i>Carpocanium</i>	0—2425 f. 0—4434 m.
<i>Carposphaera</i>	
Centralpazifik, verschiedene Tiefen.	
<i>Caryosphaera</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Cenellipsis</i>	
Centralpazifik	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Cenosphaera</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Cladococcus viminalis</i>	600 m.
bei Capri lebend.	
<i>Coccodiscus</i>	
Südatlantik	0—2200 f. 0—4023 m.
<i>Coelodendrum ramosissimum</i>	600—1200 m.
bei Capri lebend.	
<i>Collosphaera</i>	Oberfläche.
<i>Collozoum</i>	
Oberfläche, bei Capri lebend:	600 m.
<i>Cornutella</i>	
Centralpazifik	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Cromyomma</i>	
Nordatlantik	0—2965 f. 0—5421 m.

<i>Cryptocapsa</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Cryptocephalus</i> (<i>Sethamphora fuvosa</i>)	4475 f. 8183 m.
<i>Cyphanta</i>	0—3300 f. 0—6034 m.
<i>Cyphinus</i>	
Südpazifik	1500 f. 2743 m.
Nordpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Cyphonium</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Cyrtocalpis</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Cyrtocapsa</i>	
Südpazifik	1500 f. 2743 m.
Nordpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Dicolocapsa</i>	
Centralpazifik	2600 f. 4754 m.
Westlicher Tropischer Pazifik	4475 f. 8183 m.
<i>Dictyastrum</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Dictyocephalus</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Dictyocoryne</i>	
Pazifik	0—3300 f. 0—6034 m.
<i>Dictyomitra</i>	
Tropischer Pazifik	—3300 f. 6034 m.
<i>Dictyophimus</i>	
Südatlantik	0—2200 f. 0—4023 m.
<i>Dictyoplegma spongiosum</i>	0—1000 m.
Ischia lebend.	

<i>Dictyopodium</i>	
Centralpazifik	2750 f. 5028 m.
<i>Dictyopsyris</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Diplactura</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Diplosphaera gracilis</i>	600—1200 m.
bei Capri lebend.	
<i>Discospira (Porodiscus)</i>	Oberfläche.
<i>Didymocyrtis (Cyphonium)</i>	
Tropischer Pazifik	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Diploconus</i>	Oberfläche.
<i>Distephanus pentasterias</i> H.	0—2925 f. 0—5348 m.
<i>Dorataspis</i>	Oberfläche.
<i>Druppatractus</i>	Oberfläche.
<i>Druppula</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Ethmosphaera</i>	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Euchitonia</i>	0—2600 f. 0—4754 m.
<i>Eucyrtidium (Cyrtophormis)</i>	
Tropischer Pazifik	1850 f. 3382 m.
Nordpazifik	2300 f. 4206 m.
<i>Eucyrtidium galea</i>	1200 m.
bei Capri lebend.	
<i>Eucyrtis</i>	0—2925 f. 0—5348 m.
<i>Hagiastrum</i>	Oberfläche.

<i>Halicalyptra</i>	2900 f. 5303 m.
<i>Halicapsa</i> Centralpazifik	2600 f. 4754 m.
<i>Haliomma (Prunulum)</i> Nortatlantik	1800—2965 f. 3291—5421 m.
<i>Haliommatidium Mülleri</i> bei Capri lebend.	600 m.
<i>Heliosphaera sp.</i> bei Capri, Ischia lebend.	600—900 m.
<i>Hymeniastrum</i>	0—2250 f. 0—4114 m.
<i>Heliodiscus</i>	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Heliosphaera</i>	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Hexastylus</i>	0—3125 f. 0—5714 m.
<i>Lithelius</i>	Oberfläche.
<i>Lithobotrys (Botryopyle)</i> Centralpazifik	2750 f. 5028 m.
<i>Lithocampe</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Lithochytris</i> Südatlantik	2200 f. 4023 m.
<i>Lithocircus</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Lithocubus</i>	0—2425 f. 0—4434 m.
<i>Lithocyclia</i> Centralpazifik	2700—4475 f. 4937—8183 m.
<i>Lithomelissa</i> Centralpazifik	2900 f. 5303 m.

*Lithornidium*2900 f.
5303 m.*Lophocorys*2925 f.
5348 m.*Lophophaena*

Tropischer Atlantik

2450 f.
4480 m.*Lychnocanium*verschiedene Tiefen — 4475 f.
" " — 8183 m.*Micromelissa*

Südpazifik

1500 f.
2743 m.

Westlicher Tropischer Pazifik

4475 f.
8183 m.*Mitrocalpis*

Oberfläche im Centralpazifik.

Ommatocampe

Nordatlantik

2965 f.
5421 m.*Ommatospyris* (*Cyphanta laevis*)

Philippinen

2050—3300 f.
3748—6034 m.*Perichlamyidium*0—2900 f.
0—5303 m.*Perispongidium* (*Porodiscus irregularis*)

kosmopolitisch

Oberfläche.

*Petalospyris*0—2900 f.
0—5303 m.*Platycryphalus* (*Sethocephalus*)

Oberfläche.

*Podocyrtis*0—2900 f.
0—5303 m.*Porodiscus*kosmopolitisch
Centralpazifik

Oberfläche.

2900 f.
5303 m.*Prismatium*

Oberfläche.

Raphidococcus (*Acanthosphaera*)

Oberfläche.

Nordpazifik

2900 f.
5303 m.

<i>Rhopalastrum</i>	
Indik	Oberfläche.
Antarktik	1950 f.
	3565 m.
<i>Rhopalodictyum</i>	
	Oberfläche — verschiedene Tiefen.
<i>Semantis</i>	0—4475 f.
	0—8183 m.
<i>Sethocapsa</i>	
Centralpazifik	2350—3000 f.
	4297—5486 m.
<i>Sethocorys</i>	
Centralpazifik	0—3000 f.
	0—5486 m.
<i>Sethodiscus</i>	
Südpazifik	2375 f.
	4343 m.
<i>Siphocampe</i>	
Centralpazifik	2750 f.
	5028 m.
Westlicher Tropischer Pazifik	4475 f.
	8183 m.
<i>Siphocampium</i>	
Westlicher Tropischer Pazifik	1100—4475 f.
	2011—8183 m.
<i>Sphaerostylus</i>	
Nordpazifik	0—2300 f.
	0—4206 m.
<i>Sphaerozoum acuferum</i>	
bei Capri lebend.	0—1200 m.
<i>Spongaster</i>	
Centralpazifik	Oberfläche.
	2925 f.
	5348 m.
<i>Spongasteriscus</i>	
	0—2900 f.
	0—5303 m.
<i>Spongobrachium</i>	
	Oberfläche.
<i>Spongodictyum</i>	
	Oberfläche.
<i>Spongodiscus</i>	
	0—2900 f.
	0—5303 m.

<i>Spongolena</i>	
Centralpazifik	2925 f. 5348 m.
<i>Spongolonche</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Spongoplegma</i>	
häufig im Diatomeenschlick des Antarktik	1950 f. 3565 m.
<i>Spongosphacra streptacantha</i>	
	600—1000 m.
<i>Spongostaurus</i>	
	0—2900 f. 0—5303 m.
bei Capri, Ischia lebend	
<i>Spongotripus</i>	0—2600 f. 0—4754 m.
<i>Spongotrochus</i>	
	0—1950 f. 0—3565 m.
<i>Spongurus</i>	
	0—2750 f. 0—5028 m.
<i>Straurocromyum</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Staurodictya</i>	
	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Staurodoras</i>	
	Oberfläche.
<i>Stauroolithium (Acanthostaurus)</i>	
	Oberfläche.
<i>Staurolonche</i>	
	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Staurolonchidium</i>	
	Oberfläche.
<i>Staurosphacra</i>	
	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Stephanastrum</i>	
	2900 f. 5303 m.
<i>Stichocapsa</i>	
	4475 f. 8183 m.
<i>Stichocorys</i>	
	2375—4475 f. 4343—8183 m.

<i>Stichophormis</i>	1375—3125 f. 2514—5714 m.
<i>Stylodictya</i>	Oberfläche.
<i>Stylosphaera</i>	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Stylospira</i>	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Stylatractus</i> Atlantik, Indik, Pazifik	—4475 f. 8183 m.
<i>Stylotrochus</i> Mittelmeer Centralpazifik	2925 f. 5348 m.
<i>Tetrahedrina</i> Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Tetrapyle</i> Oberfläche weitverbreitet Centralpazifik	2750 f. 5028 m.
<i>Thalassicolla</i>	Oberfläche.
<i>Thalassolampe</i>	Oberfläche.
<i>Thalassosphaera</i>	Oberfläche.
<i>Theocapsa</i> Atlantik, Indik, Pazifik	—4475 f. 8183 m.
<i>Thecosphaera</i>	Oberfläche.
<i>Thecorys</i>	0—4475 f. 0—8183 m.
<i>Theosyringium</i> Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Trematodiscus (Porodiscus)</i>	Oberfläche.
<i>Triactiscus</i> Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Tricolocampe</i> Oberfläche, Atlantik, Pazifik, weitverbreitet Centralpazifik	2925 f. 5348 m.

<i>Trigonactura</i>	
Atlantik, Indik, Pazifik, weitverbreitet,	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Trigonocyclus</i>	
Zanzibar	2200 f. 4023 m.
<i>Tripilidium</i>	
Südatlantik	2200 f. 4023 m.
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Tripodiscium</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Trochodiscus</i>	
Nordatlantik, Oberfläche.	
Südatlantik	2200 f. 4023 m.
<i>Tympanidium</i>	
Südpazifik	1375 f. 2514 m.
Westlicher Tropischer Pazifik	4475 f. 8183 m.
<i>Xiphacantha serrata</i>	
bei Capri lebend	600—1200 m.
<i>Xiphodictya</i>	
Centralpazifik	2900 f. 5303 m.
<i>Xiphosphaera</i>	
Indik, Centralpazifik	0—2900 f. 0—5303 m.
<i>Xiphostylus</i>	
	0—4475 f. 0—8183 m.

Dass viele Radiolarien bisher noch nicht im offenen Meer gefangen worden sind, liegt an technischen Schwierigkeiten. Die hier gegebenen Tiefenzahlen müssen daher mit grosser Vorsicht benutzt werden, da sie sehr unvollständig sind.

4. Spongia.

Bei der Ausarbeitung wurden folgende Abhandlungen benutzt:

- FORBES, Report on the Mollusca and Radiata of the Aegæan Sea 1843.
FORBES, The infralitoral distribution of Marine Invertebrata of the Coasts of Great Britain, Rep. Brit. Ass. 1850.
FRISTEDT, Bidrag till Kännedomen om de vid Sveriges vestra Kust levande Spongiæ Acad. Stockholm 1885.
HAECKEL, Report on the Deep Sea Keratosa. Chall. Rep. Vol. XXXII.
KELLER, Die Spongienfauna des Rothen Meeres, Leipzig 1891.
LEVINSEN, Kara Havets Svampe, Kjobenhavn 1886.
LORENZ, Physikalische Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe 1863.
v. MARENZELLER, Denkschr. d. k. Acad. der Wissensch., Wien 1878, S. 358.
MARSHALL, Untersuchungen über Hexaktinelliden, Leipzig 1875.
POLEJANEFF, Report on the Calcareous dredged by H. M. S. Challenger, Rep. Zool. Vol. VIII.
RIDLEY and DENDY, Rep. on the Monaxonia dredged by H. M. S. Challenger.
O. SCHMIDT, Die Spongien des Meerbusens von Mexiko, Jena 1879.
F. E. SCHULZE, Rep. on the Hexactinellidae dredged by H. M. S. Challenger.
SOLLAS, Rep. on the Tetractinellidae dredged by H. M. S. Challenger. Vol. XXV.
VOSMAER (-BRONN), Klassen und Ordnungen des Thierreiches 1887, II, S. 453.
und andere Aufsätze, welche im Text citirt werden.
-

Die Schwämme oder Spongien sind gewöhnlich festsitzende, meist marine Thiere, von einfacher Organisation. Der Körper besteht aus locker verbundenen Zellen, zwischen denen ein meist unregelmässig verzweigtes Kanalsystem entwickelt ist. Während einige Formen durch ihren radialen Bau die Zugehörigkeit zu den Cölenteraten markieren, ist die Mehrzahl der Spongien von durchaus unregelmässiger Gestalt, so dass nur der feinere Bau des Skelettes für systematische Unterscheidungen verwandt werden kann.

Das Skelett fehlt bei den Myxospongien; auch die Psammospongien haben kein eigentliches Skelett, da sie nur Sandkörner von aussen in ihr Gewebe aufnehmen. Dagegen ist der Körper der Keratosa von einem viel verflochtenen Netzwerk elastischer Hornfasern durchzogen, und bei den Kalk- und Kieselschwämmen sind Nadeln im Gewebe enthalten, deren Form und Verbindungsweise der systematischen Anordnung zu Grunde gelegt werden muss.

Wenn wir von den freischwimmenden Embryonen absehen, gehören alle Schwämme dem Benthos an. *Halisarca lobularis*¹⁾ pflanzt sich durch freischwimmende Brutknospen fort.

Im Zusammenhang mit der festsitzenden Lebensweise steht der Mangel aller Bewegungsorgane; auch Sinnesorgane und Nervensystem scheinen zu fehlen.

Durch kleine Hautporen tritt auf der ganzen Oberfläche des Schwammkörpers Seewasser in den Körper ein. Zarte Kanäle führen es zu Erweiterungen, den Geisselkammern, in denen die im Seewasser enthaltenen Nahrungsbestandtheile verdaut werden. Durch grössere Kanäle gelangt das, seiner Nahrung und seines Sauerstoffes beraubte, Wasser nach weiteren Mündungen (*Oscula*) und strömt durch diese wieder heraus. Bei *Aplysilla* und manchen Chaliniden können die *Oscula* durch eine Sphinktermembran verschlossen werden.

Bei *Cinachyra* und *Stelletta* ragen Ankernadeln über die Oberfläche des Körpers hervor, an denen die planktonische Nahrung haften bleibt.

Gegen mechanische Verletzungen sind die Spongien sehr widerstandsfähig. Man kann *Suberites* in viele eckige Theile zerschneiden, welche sich in wenigen Wochen wieder zu rundlichen Schwämmen ergänzen.

BOWERBANK²⁾ brachte 4 lebende Seeschwämme aneinander, die nach 18 Stunden zusammengewachsen waren. Auch gegen das Eintrocknen sind manche Schwämme geschützt, denn *Spongilla vesparium* bildet auf Borneo³⁾ mehrere Fuss über dem niedrigsten Wasserstand faustgrosse Klumpen an den Zweigen von *Barringtonia*. Einige Gattungen bewohnen das Süsswasser und sind in Flüssen und Seen weitverbreitet.

Die marinen Formen findet man vom Strande ab bis zu den Regionen des Rothen Tiefseethones, und manche Gattungen haben eine vertikale Verbreitung von 4000 m. Im Golfe von Triest⁴⁾ finden sich alle krustenförmigen Spongien auf der Unterseite von Steinen nahe der Küste. Unter den Thieren haben sie wohl nur wenige Feinde; *Doris*, *Doriopsis* und *Fissurella* sieht man an der Rinde nagen. Dagegen bewohnen zahlreiche Parasiten den Schwammkörper: Pilze, Algen, Borstenwürmer, *Leucothoe denticulata*, *Alpheus laevimanus* und andere Krebse.

*Dendrilla rosca*⁵⁾ bildet bis kokosnussgrosse Klumpen auf steinigem Grunde 5—10 m tief bei Adelaide.

Sehr reich ist die Spongienfauna der Korallenriffe⁶⁾: eine Anzahl Arten, welche auf den Korallenabhang angewiesen sind, beginnen erst in 35—25 m aufzutreten. Die häufigsten Charakterformen dieser Region sind: *Latrunculia magnifica*, *Ceraochalina gibbosa*, *C. ochracea*, *Acanthella aurantiaca*; letztere Art reicht am Korallenabhang noch höher hinauf, findet sich dann aber in den Ritzen und Höhlen der Riffe.

1) SCHULZE, Zool. Anzeiger 1879, S. 637.

2) Neues Jahrb. f. Mineralogie 1857, S. 90.

3) V. MARTENS, Arch. f. Naturgesch. 1868, S. 62.

4) GRAEFFE, Uebersicht der Seethierfauna des Golfes von Triest, II.

5) V. LENDENFELD, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1883, S. 271.

6) KELLER, Spongienfauna des Rothen Meeres II, 357.

Weitans am ergiebigsten sind die tieferen Korallentümpel der Riffe, welche wegen des Wucherns der *Stylophora* am passendsten als *Stylophorazone* bezeichnet werden. Hier lebt die Hauptmasse der Hornschwämme und der monaxonen Kieselschwämme. An Individuenreichtum treten hier besonders hervor: *Hircinia echinata*, *Euspongia officinalis*, *Carteriospongia radiata*, *Heteronema erecta* und *Acanthella flabelliformis*; letztere Arten zuweilen in erstaunlicher Menge.

Spärlicher ist die innere Uferzone der Riffe bevölkert; als häufigste Formen fanden sich: *Spongelia herbacca*, *Ceraochalina densa* und *Suberites clavatus*. Einige Arten scheinen ruhige Buchten mit mässig tiefem Wasser zu bevorzugen; so ist in solchen *Crateriospongia radiata* in ganz unglaublichen Mengen vorhanden; auch *Chondrilla globulifera* ist darin häufig.

*Rosella*¹⁾ erfüllte an den Kerguelen das ganze Netz. Man brachte noch aus 270 m riesig grosse Exemplare heraus.

*Aplysilla violacea*²⁾ bildet Krusten auf Felsen und felsenbewohnenden Thieren in den australischen Häfen vom Ebbestrand bis zu 3 m Tiefe.

KELLER zeigt, dass die Skelettbildungen der Schwämme im engsten Zusammenhang mit ihrer Lebensweise stehen. Weitaus am stärksten ist die mechanische Beanspruchung des Skelettes in der litoralen Zone; und an die Trag- und Biegezugsfestigkeit desselben werden durch die starke Wellenbewegung hohe Anforderungen gestellt. Die Litoralgebiete der wärmeren Meere sind das Wohngebiet der Chalinen und Hornschwämme, während die tetraxonen Spongien stark zurücktreten. Diese Schwämme sind aussergewöhnlich elastisch und und biegsam. *Raniera elastica*, *R. scyphonoides* dringen in die stärkste Brandung vor. Die Zug- und Druckspannungen nehmen das Schwammgewebe hauptsächlich in der Längsrichtung in Anspruch, daher entwickeln sich starke longitudinale Hauptfasern, welche durch schwächere Verbindungsfasern vereint werden. Die Hornfasern sind an der Peripherie am meisten entwickelt, während das Innere frei davon ist. Als Kompromiss zwischen Ernährungs- und Festigkeitsprinzip tritt bei *Siphonochalina*, *Phyllosiphonia*, *Sclerochalina*, *Esperia* und vielen Hornschwämmen die Röhrenform auf. Auch die Trichterform und Becherform von *Carteriospongia* und *Poterium* ist entsprechend leistungsfähig.

Auch die Monaktinelliden bewohnen meist seichtes Wasser.

Die etwa 300 Arten von Tetraktinelliden zerfallen in die beiden lebenden Gruppen der Lithistiden und Choristiden.

Von Lithistiden leben 9 Arten 0—90 m tief. 36 Arten findet man von 90—360 m; von da an nehmen sie wieder ab, so dass man nur 17 Arten von 360—1800 m trifft.

Die Choristiden nehmen nach der Tiefe zu rasch ab, sie erreichen ihr Maximum mit 88 Arten in Tiefen von 0—90 m.

Die Lithistiden genügen den Druckdifferenzen der Wasserbewegung durch eine sehr feste Verbindung ihrer vierstrahligen Kieselnadeln.

1) W. THOMSON, Proc. R. Soc. 1874, S. 423.

2) v. LENDENFELD, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1883, S. 237.

Die massigen *Geodia*, im Allgemeinen mit breiter Basis aufgewachsen, leisten einem starken seitlichen Zug Widerstand. Die Gewölbstruktur ihrer festen, mit Kieselgebilden dicht erfüllten Rinde vermag einen starken Druck auszuhalten.

Ganz eigenartige Einrichtungen bestehen bei *Tetilla*, *Cinachyra*, *Chrotella*, *Tethya* und *Tuberella*. Diese meist kugeligen Schwämme kommen, festgewachsen oder freiliegend, nicht selten in ganz seichem Wasser vor. Sie schützen sich gegen den Anprall der Wogen durch einen starken Turgor der Gewebe. Wenn man z. B. eine *Tethya* anschneidet, so ist die Gewebespannung so gross, dass sich die Schnittfläche stark verwölbt. Dazu findet man bei ihnen radial gestellte Nadelbündel, welche von einem zentralen Nukleus aus wie ein Gewölbe die elastische Rinde tragen.

Die Hexaktinelliden bewohnen die ruhigen Gründe jenseits der Kontinentallinie, daher reicht als festigendes Material die Kieselsubstanz aus. Im ganzen sind die Formen zart und brüchig, wie dies auch bei den Einzelkorallen der Fall ist. Die Biegefestigkeit ist gering, die Tragfestigkeit der meist cylindrischen Körper gross.

Am Westrand ¹⁾ der Floridabank nördlich der Tortugas finden sich viele Spongien, und das Schleppnetz bringt aus 180 m grosse Massen von Kiesel- und Kalkschwämmen mit einem Kalksediment herauf.

Kieselschwämme finden sich in grosser Menge im Globigerinenschlick von Sta. Cruz (darunter viele *Pheronema*), die ganze Masse des Sedimentes war durchtränkt mit Nadeln und Spongiensarkode.

Diatomeenschlick ²⁾ ist besonders günstig für die Entwicklung der Hexaktinelliden, nicht weniger Radiolarienschlick und rother Tiefseethon. Dagegen findet man sie nicht auf Sand und Kies geringerer Tiefen. Manche Hexaktinelliden aus grossen Tiefen fand man erfüllt mit Diatomeen oder Radiolarien, obwohl das Sediment kein Diatomeen- oder Radiolarienschlick war.

Die Schwämme sind durch ihre zähen Hornfasern oder durch spitzige Nadeln ausgezeichnet geschützt gegen die Angriffe anderer Thiere, und werden daher kaum als Nahrung begehrt. Dagegen sind die vielfach von Parasiten bewohnt, welche sich diese Unangreifbarkeit zu Nutze machen. Manche Schwämme wachsen auf anderen Thieren, und gewisse Krebse sind oft ganz mit Schwämmen bedeckt. *Dromia* trägt *Suberites*, *Axinella* oder Hornschwämme auf ihrem Rücken.

Selten findet man *Suberites domuncula* ohne *Atylus gibbosus*, einen Amphipoden, welcher in taschenartigen Höhlungen der Rinde lebt.

In *Euplectella aspergillum* findet man fast konstant *Aega spongiophila*, in *Discodermia* viele *Acasta*. Hydroiden leben vielfach in Symbiose mit Spongien. So ist das Gewebe von manchen Schwämmen ganz von den Röhren von *Stephanoscyphus mirabilis* durchzogen. In *Euplectella* findet man *Amphibrachium euplectellae*, in *Hyalonema* lebt *Polythoa*, ebenso in *Axinella* und *Thenea*.

Besonderes Interesse verdienen die durch HAECKEL bekannt gewordenen Tiefseeschwämme, in deren Gewebe Hydroidenstücke von *Stylactis*, *Stylactella*, *Halisiphonia* und *Eudendrium* (?) leben.

1) AGASSIZ, Blake I, S. 149.

2) CHALLENGER, Narrative I, S. 450.

Zahlreiche Algen leben in Spongien. Nach der Liste von BRANDT findet man

in <i>Suberites</i> sp.	die Alge	<i>Hypheotrix coerulea</i>
" <i>Cliona celata</i>	" "	<i>Palmella spongiarium</i>
" <i>Reniera fibulata</i>	" "	<i>Thamnoclonium flabelliforme</i>
" <i>Reniera cratera</i>	" "	<i>Zooxanthella</i>
" <i>Amorphina stellifera</i>	" "	<i>Palmella spongiarium</i>
" <i>Halichondria panicea</i>	" "	" "
" " <i>plumosa</i>	eine rothe Alge	
" ? <i>Spongia cartilaginea</i>	" Floridee	
" <i>Spongilla</i>	die Alge	<i>Anabaina impalpabilis</i>
" "	" "	<i>Zoochlorella parasitica</i>
" <i>Myxilla</i> sp.	eine rothe Alge	
" <i>Spongelia pallescens</i>	die Alge	<i>Callithamnium membranaceum</i>
		und <i>Oscillaria spongeliae</i>
" <i>Psammoclema ramosum</i>	die Alge	<i>Oscillaria</i>
" <i>Hircinia variabilis</i>	" "	<i>Zoanthella</i>
" <i>Spongia otahetica</i>	" "	<i>Scytonema</i>
" <i>Aplysilla sulfurca</i>	" "	<i>Callithamnium membranaceum</i> .

Auch der Stärkegehalt vieler Spongien hängt wahrscheinlich mit der Anwesenheit parasitischer Algen zusammen.

Sogar die Nadeln der Kieselschwämme¹⁾ werden von einer grünen Alge *Spongiophagus Carteri* angebohrt. Andererseits durchbohren die *Cliona*²⁾ sehr rasch die härtesten Konchilien nach jeder Richtung, indem sie unregelmässige Gänge bilden und endlich die Schale ganz zerstören. In den amerikanischen Küstengebieten ist die zerstörendste Art *Cliona sulphurea* Desor, welche sich jung in Schalen und Kalkstein einbohrt, dann aber zu grossen rundlichen schwefelgelben Massen auswächst, welche oft einen Fuss Durchmesser erreichen. In tieferem Wasser finden sich andere Arten.

Bohrschwämme³⁾ sind zahlreich in den Tropen, wo sie auf den Korallenriffen Kalkschalen zerkleinern. In einer einzigen *Tridacna* fand man 12 verschiedene Arten von *Cliona* bohrend. Sie bohren mechanisch durch die Kontraktion ihres Körpers mit Hilfe ihrer Kieselnadeln. Auf den Austerbänken⁴⁾ der Bucht von Sewastopol kommt *Cliona* 9—22 m tief häufig in Schalen vor. Das Bohren beginnt mit dem Eingraben einer Rosette.

Die Nadeln von Kieselschwämmen sind in allen Absätzen des Meeres universell verbreitet; die Hexaktinelliden überwiegen in tieferem, die Tetraktinelliden und Monaktinelliden in seichterem Wasser. In manchen Gebieten wurden ungeheure Mengen von Spongien erbeutet. An den Kerguelen⁵⁾ fand man bei einem Netzzug in 216 m über hundert Exemplare von *Rosella antarctica*; bei den Kiinseln in 253 m achtzehn

1) DUNCAN, Ann. Mag. Nat. Hist. 5. S., VIII, S. 120.

2) VERRILL, S. Americ. Journal 1882, II, S. 450.

3) HANCOCK, Ann. Mag. Nat. Hist. 2. S. III, S. 321.

4) NASSONOW, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1884, S. 297.

5) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 284.

Arten von Hexaktinelliden in einer grossen Zahl von Individuen. In den Absätzen solcher Lokalitäten sind auch die Spongiennadeln besonders zahlreich. Aber wenn wir von solchen Stellen absehen, so findet man in Tiefseesedimenten nur 2—3 % Kieselnadeln. Da die Kieselsubstanz 7—13 % Wasser enthält, so ist es begreiflich, dass nach dem Tode der Thiere auch die Nadeln langsam aufgelöst werden.

<i>Acanthascus grossularia</i> F. E. Sch., auf Schalen und Geröllen aufsitzend	210 f. 383 m.
<i>Acanthascus dubius</i> F. E. Sch., im Blauschlamm	400 f. 731 m.
<i>Acanthella</i>	3—11 f. 5—20 m.
<i>Acarinus</i>	20 f. 36 m.
<i>Aciculites Higginsii</i> O. Sch.	100 f. 182 m.
<i>Agilardiella</i>	45 f. 82 m.
<i>Algol</i>	20 f. 36 m.
<i>Ammolynthus prototypus</i> Haeck.	2425 f. 4434 m.
<i>Ammosolenia rhizammina</i> Haeck.	2000 f. 3657 m.
<i>Ammoconia sagenella</i> Haeck.	2950 f. 5394 m.
<i>Amphibleptula madrepora</i> O. Sch.	100—292 f. 182—533 m.
<i>Amphilectus</i>	7—600 f. 12—1097 m.
<i>Amphius</i>	60—70 f. 109—128 m.
<i>Amphoriscus flamma</i> Seichtwasser.	
<i>Amphoriscus poculum</i>	30—35 f. 54—64 m.

*Amphoriscus elongatus*150 f.
273 m.*Anamixilla torresi*3—11 f.
5—20 m.*Ancorina*50 f.
91 m.*Antares*170 f.
310 m.*Anthastraea*6—150 f.
10—273 m.*Aphrocallistes bocagei* P. W.390—1075 f.
712—1965 m.

Die Gattung ist sehr gemein im Golf von Mexiko in

164—400 f.
299—731 m.*Artemisina suberitoides* Vosm.85 f.
155 m.*Ascetta coriacea* Mont.

25—230 m.

Asconema Kentii O. Sch.338—1507 f.
617—2755 m.*Asconema setubalense*600 f.
1097 m.*Astrella*50—175 f.
91—319 m.*Aulascus Johnstoni*310 f.
566 m.*Aulocalyx irregularis* F. E. Sch.310 f.
566 m.*Aulochone lilium* F. E. Sch.500 f.
914 m.

auf Blauschlamm.

Aulochone cylindrica F. E. Sch.600 f.
1097 m.

auf hartem Grund.

Aulocystis Grayi Bow.140 f.
255 m.

Aulocystis Zitelii M.

360 f.
657 m.

Axinella

7—2385 f.
12—4361 m.

Axoniderma mirabile R. D.

2250 f.
4114 m.

Azorica

15—1075 f.
27—1965 m.

Balanites pipetta F. E. Sch.

1950 f.
3565 m.

Bathydorus fimbriatus F. E. Sch.
im Tiefseethon

2900 f.
5303 m.

Bathydorus stellatus F. E. Sch.

140 f.
255 m.

in Patagonien auf Blauschlamm.

Cacospongia Murrayi

54—64 m.

Cacospongia Schmidtii

183—210 m.

Callipelta

140 f.
255 m.

Calthropella

100—292 f.
182—533 m.

Caminus

1—15 f.
1—27 m.

Caulocalyx tener F. E. Sch.

2025 f.
3702 m.

Caulophacus elegans F. E. Sch.

2300 f.
4206 m.

Caulophacus latus F. E. Sch.

1600 f.
2926 m.

Cerelasma gyrosphacra Haeck.

2425 f.
4434 m.

Chalina oculata

8—30 f.
14—54 m.

<i>Chalinula cavernosa</i> v. M.	130 m.
<i>Characella</i>	164—374 f. 299—683 m.
<i>Chondrocladia</i>	140—2900 f. 255—5303 m.
<i>Chonelasma</i> sp.	1075 f. 1965 m.
<i>Chonelasma lamella</i> F. E. Sch.	550—630 f. 1005—1151 m.
<i>Chrotella</i>	18—150 f. 32—273 m.
<i>Cinachyra</i>	25—60 f. 45—109 m.
<i>Ciocalypta</i>	600 f. 1097 m.
<i>Cladorhiza</i> sp.	1600—3000 f. 2926—5486 m.
<i>Cladorhiza concusens</i> O. Sch.	533—860 f. 974—1572 m.
<i>Cladorhiza abyssicola</i>	120—300 f. 218—548 m.
<i>Clathria</i>	3—150 f. 5—273 m.
<i>Cliona</i>	12—28 f. 21—51 m.
<i>Collinella inscripta</i> O. Sch.	292 f. 533 m.
<i>Coppatias</i>	3—20 f. 5—36 m.
<i>Coralistes</i>	7—288 f. 12—525 m.
<i>Corticium versatile</i> O. Sch.	1—95 f. 1—173 m.
<i>Coscinoderma confragosum</i>	400 m.

Craniella

8—632 f.
14—1155 m.

Crateromorpha Meyeri Gray.

95 f.
173 m.

Crateromorpha Murrayi F. E. Sch.

129—140 f.
235—255 m.

Crateromorpha tumida F. E. Sch.

360 f.
657 m.

Crinorhiza amphactis O. Sch.

288 f.
525 m.

Cyathella lutca O. Sch.

1591 f.
2909 m.

Cydonium

1—246 f.
1—449 m.

Cyrtaulon Sigsbeeii O. Sch.

100—292 f.
182—533 m.

Cystispongia superstes O. Sch.

20—292 f.
36—533 m.

Dactylocalyx subglobosus O. Sch.

116—190 f.
211—346 m.

Dactylocalyx patella F. E. Sch.

1075 f.
1965 m.

Dendropsis

10—20 f.
18—36 m.

Dercitus

1—228 f.
1—416 m.

Desmacidon reptans R. D.

7—120 f.
12—218 m.

Desmacella pumicea Fr.

65 m.

Desmacella annexa Sch.

390 f.
712 m.

Diartula cornu O. Sch.

805 f.
1472 m.

<i>Dictyocalyx gracilis</i> F. E. Sch. im Rothen Tiefseethon des Südpazifik	2385 f. 4361 m.
<i>Diplacodium mixtum</i> O. Sch.	101—292 f. 183—533 m.
<i>Discodermia</i>	30—374 f. 54—683 m.
<i>Discodermia nuccium</i> O. Sch.	120—240 f. 218—438 m.
<i>Disyringa</i>	3—28 f. 5—51 m.
<i>Dorvillia echinata</i> Ver.	1—4 f. 1—7 m.
<i>Dorvillia agariciformis</i> Kent.	1080 m.
<i>Dragmastra</i>	180 f. 328 m.
<i>Dysidea fragilis</i> Mont.	70—80 m.
<i>Echinoclathria</i>	30—120 f. 54—218 m.
<i>Echinodictyum</i>	20—50 f. 36—91 m.
<i>Ecionema</i>	13—20 f. 23—36 m.
<i>Eilhardia Schulzei</i>	30—120 f. 54—218 m.
<i>Erylus</i>	7—262 f. 12—478 m.
<i>Esperella</i>	3—1600 f. 5—2926 m.
<i>Esperia forcipis</i> Bow.	55—140 m.
<i>Esperia lingua</i> Bow.	135—180 m.
<i>Esperiopsis</i>	16—1600 f. 29—2926 m.

<i>Euplectella aspergillum</i> L. auf der Insel Zebu	100 f. 182 m.
<i>Euplectella Jovis</i> O. Sch.	416—423 f. 760—773 m.
<i>Euplectella suberea</i> W. Th.	600—1600 f. 1097—2926 m.
<i>Eurete Schmidtii</i> F. E. Sch. auf Steinen und Kies	102 f. 185 m.
<i>Eurete Semperi</i> F. E. Sch. auf Blauschlamm	140 f. 255 m.
<i>Euryplegma auriculare</i> F. E. Sch.	630 f. 1151 m.
<i>Euspongia officinalis</i> L.	7—30 f. 12—54 m.
<i>Fangophilina submersa</i> O. Sch. im Caraibischen Meer.	
<i>Farrea clavigera</i> F. E. Sch.	200—360 f. 365—657 m.
<i>Farrea</i> sp. im Diatomeenschlick	1600 f. 2926 m.
<i>Fieldingia lagettoides</i> S. K. auf Blauschlamm	140—500 f. 255—914 m.
<i>Gastrophanella implexa</i> O. Sch.	101—127 f. 183—231 m.
<i>Gelliodes</i>	3—35 f. 5—64 m.
<i>Gellius</i>	1—600 f. 1—1097 m.
<i>Geodia</i>	1—632 f. 1—1155 m.
<i>Grantia ciliata</i>	1—33 f. 1—60 m.
<i>Guitarra fimbriata</i> O. Sch.	95 f. 173 m.

<i>Halichondria panicea</i> Johnst.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Halichondria latrunculoides</i> R. D.	600 f. 1097 m.
<i>Halicnemis hemisphaerica</i> v. M.	120—300 f. 218—548 m.
<i>Hastatus ambiguus</i> Bow.	55—150 f. 100—273 m.
<i>Hertwigia falcifera</i> O. Sch.	611 f. 1117 m.
<i>Heteropogma nodus</i> Gordii	8—32 f. 14—58 m.
<i>Hexactinia lata</i> F. E. Sch.	140 f. 255 m.
<i>Hippospongia mauritiana</i>	110—130 m.
<i>Holascus stellatus</i>	2650 f. 4845 m.
<i>Holascus Polejaevii</i> im Diatomeenschlick	1950 f. 3565 m.
<i>Holopsammia radiolarum</i> H.	2600 f. 4754 m.
<i>Holtenia Carpenteri</i> W. Th.	530 f. 968 m.
bedeckt mit <i>Globigerina</i> , <i>Amphiura abyssicola</i> , <i>Pecten vitreus</i> .	
<i>Holtenia</i> sp.	154—324 f. 280—591 m.
<i>Halonema longissimum</i> V.	1—200 f. 1—365 m.
<i>Hyalonema Siboldi</i> Gray.	200 f. 365 m.
<i>Hyalonema lusitanicum</i> Barb.	530 f. 968 m.

<i>Hyalonema gracile</i> F. E. Sch.	2225 f. 4068 m.
<i>Hyalostylus dives</i> F. E. Sch. im Rothen Tiefseethon	2550 f. 4662 m.
<i>Hymenographia stellifera</i> Bow.	125 m.
<i>Hymeniacidon</i>	18—55 f. 32—100 m.
<i>Jercopsis</i>	80—92 f. 146—168 m.
<i>Joanella compressa</i> O. Sch.	287 f. 524 m.
<i>Jophon</i>	50—550 f. 91—1005 m.
<i>Isodictia lobata</i> Esp.	8—30 f. 14—54 m.
<i>Isodictia infundibuliformis</i> L.	70—145 m.
<i>Isodictia tenera</i>	178 m.
<i>Isops</i>	30—1075 f. 54—1965 m.
<i>Iatrunculia</i>	10—600 f. 18—1097 m.
<i>Leibolidium</i> O. Sch.	1507 f. 2755 m.
<i>Leiodermatium</i>	125 f. 227 m.
<i>Leucetta vera</i> S.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Leucilla connexiva</i> S.	95—100 f. 173—182 m.
<i>Leucilla uter</i> S.	32—100 f. 58—182 m.
<i>Leuconia crucifera</i>	450 f. 822 m.

<i>Leuconia typica</i>	32 f. 58 m.
<i>Leucosolenia poterium</i> S.	30—120 f. 54—218 m.
<i>Leucosolenia blanca</i> S.	450 f. 822 m.
<i>Lyidium</i>	270 f. 493 m.
<i>Macandrewia</i>	131—374 f. 238—683 m.
<i>Malacosaccus unguiculatus</i> F. E. Sch.	2450 f. 4480 m.
<i>Malacosaccus vastus</i> F. E. Sch.	1375 f. 2514 m.
<i>Margaritella coeloptychioides</i> O. Sch.	158 f. 288 m.
<i>Melioderma stipitata</i> R. D.	1600 f. 2926 m.
<i>Microciona ambigua</i> Bow.	231 m.
<i>Myliusia</i>	100—756 f. 182—1382 m.
<i>Myliusia Zittchii</i>	100—150 f. 182—273 m.
<i>Myliusia callocyathus</i> Gray.	140—390 f. 255—712 m.
<i>Myriastr</i>	6—65 f. 10—118 m.
<i>Myxilla</i>	8—600 f. 14—1097 m.
<i>Ncopella</i>	103 f. 187 m.
<i>Ncosiphonia</i>	80—805 f. 146—1472 m.

<i>Pachastrella</i>	7—228 f. 12—416 m.
<i>Pachaulidium</i>	580 f. 1060 m.
<i>Pachychalina fibrosa</i> R. D.	1—20 f. 2—36 m.
<i>Pachychalina megalorhaphis</i> R. D.	120 f. 218 m.
<i>Pachymatisma</i>	1—180 f. 1—328 m.
<i>Papyrula</i>	35 f. 64 m.
<i>Pericharax Carteri</i>	60—70 f. 109—128 m.
<i>Petrosia truncata</i> R. D.	18 f. 32 m.
<i>Petrosia similis</i> R. D.	150 f. 273 m.
<i>Phakellia</i>	30—1035 f. 54—1892 m.
<i>Phelloderma radiatum</i> R. D.	600 f. 1097 m.
<i>Pheronema Annae</i> Leidy.	18—248 f. 32—452 m.
<i>Pheronema Carpenteri</i> W. Th.	530—1600 f. 968—2926 m.
<i>Pilochrota</i>	1—119 f. 1—216 m.
<i>Plakina</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Plakinastrella</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Placodictyon cucumaria</i> Sch.	630 m.

<i>Plakortis</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Placospongia</i>	7—100 f. 12—182 m.
<i>Pleroma</i>	315 f. 575 m.
<i>Plocamia</i>	450 f. 822 m.
<i>Plumohalichondria</i>	38 f. 69 m.
<i>Poliopogon amadon</i> W. Th.	1525 f. 2788 m.
<i>Poliopogon gigas</i> F. E. Sch.	630 f. 1151 m.
<i>Polylophus philippinensis</i> Gray.	129 f. 235 m.
<i>Polymastia</i>	1—1591 f. 1—2909 m.
<i>Polyrhabdus oviformis</i> F. E. Sch. Diatomeenschlick im Antarktik	1975 f. 3611 m.
<i>Poritella decidua</i> O. Sch.	100—805 f. 182—1472 m.
<i>Proteleia</i>	10—20 f. 18—36 m.
<i>Psammastra</i>	13—38 f. 23—69 m.
<i>Psammina globigerina</i> H.	1100 f. 2011 m.
<i>Psammina nummulina</i> H.	2750 f. 5028 m.
<i>Psammoclema ramosum</i>	70—75 m.
<i>Psammopemma calcarum</i> H.	2400 f. 4389 m.

<i>Psammophyllum annectens</i> H.	2900 f. 5303 m.
<i>Quassilina</i>	85 f. 155 m.
<i>Radiella sol</i> O. Sch.	bis 1000 f. 1828 m.
<i>Racodiscula</i>	65—270 f. 118—493 m.
<i>Raphidophlus</i>	7—20 f. 12—36 m.
<i>Raspailia</i>	7—150 f. 12—273 m.
<i>Regadrella phoenix</i> O. Sch.	221—288 f. 403—525 m.
<i>Reniera cinerea</i> Grant	45 m.
<i>Reniera tufa</i> R. D.	100—128 f. 182—233 m.
<i>Rhabdocalyptus Roeperi</i> F. E. Sch.	400 f. 731 m.
<i>Rhabdodictyum delicatum</i> O. Sch.	1075—1591 f. 1965—2909 m.
<i>Rhabdoplectella tintinnus</i> O. Sch.	291—994 f. 531—1816 m.
<i>Rhabdostauridium retortula</i> O. Sch.	804 f. 1470 m.
<i>Rinalda uberrima</i> v. M.	183 m.
<i>Rhizochalina</i>	7—360 f. 12—657 m.
<i>Rhizochalina amphirhiza</i> O. Sch.	40 f. 73 m.
<i>Rhizochalina fibulata</i> O. Sch.	288 f. 525 m.
<i>Rimella clava</i> O. Sch.	292 f. 533 m.

<i>Rosella antarctica</i> Carter	140—600 f. 255—1097 m.
<i>Samus</i> Seichtwasser.	
<i>Scleritoderma</i>	140 f. 255 m.
<i>Scleroplegma lanterna</i> O. Sch.	292—320 f. 533—584 m.
<i>Scleroplegma herculeum</i> O. Sch.	580 f. 1060 m.
<i>Sclerothamnus Clausii</i> M.	80—360 f. 146—657 m.
<i>Seliscothos</i>	30—60 f. 54—109 m.
<i>Semperella Schultzei</i> Semp.	100—140 f. 182—255 m.
<i>Setidium oblectum</i> O. Sch.	128—240 f. 233—438 m.
<i>Sideroderma</i>	28 f. 51 m.
<i>Siphonidium</i>	125—240 f. 227—438 m.
<i>Siphonium ramosum</i> O. Sch.	212—240 f. 386—438 m.
<i>Siphonochalina</i>	7—100 f. 12—182 m.
<i>Sphinctrella</i>	65—228 f. 118—416 m.
<i>Spirastrella</i>	18—38 f. 32—69 m.
<i>Stannarium alatum</i> H.	2600 f. 4754 m.
<i>Stannoma dendroides</i> H.	2425 f. 4434 m.
<i>Stannophyllum zonarium</i> H.	2425 f. 4434 m.

<i>Stelletta</i>	1—175 f. 1—319 m.
<i>Stelletta mastoidea</i> O. Sch.	262 f. 478 m.
<i>Stelletta profunditatis</i> O. Sch.	1920 f. 3510 m.
<i>Stellcttinopsis cuastrum</i> O. Sch.	170 f. 310 m.
<i>Stocba simplex</i>	unter 65 f. 118 m.
<i>Stryphnus</i>	30—180 f. 54—328 m.
<i>Stylocordyla</i>	7—1600 f. 12—2926 m.
<i>Stylocalyx apertus</i> F. E. Sch.	345 f. 630 m.
<i>Stylocalyx depressus</i> F. E. Sch. Mittel-Pazifik im Globigerinenschlick	2425 f. 4434 m.
<i>Stylocordyla borealis</i> Lov.	44—74 f. 80—135 m.
<i>Stylopus coriaceus</i> Frist.	60 m.
<i>Stylorhiza stipitata</i> O. Sch.	159 f. 289 m.
<i>Suberites</i>	30—2050 f. 54—3748 m.
<i>Sulcastrella clausa</i> O. Sch.	129 f. 235 m.
<i>Sycaltis glacialis</i> H.	245 m.
<i>Sycandra glaber</i> O. Sch.	25—70 f. 45—128 m.
<i>Sycandra utriculus</i> H.	183 m.
<i>Sycon raphanus</i> H.	60—100 f. 109—182 m.

<i>Sympagella nux</i> O. Sch.	100—128 f. 182—233 m.
<i>Sympyla</i>	200 f. 365 m.
<i>Synops</i>	30—350 f. 54—639 m.
<i>Syringidium Zittelii</i> O. Sch.	116—878 f. 211—1605 m.
<i>Taegeria pulchra</i>	610 f. 1115 m.
<i>Tedania</i>	6—2160 f. 10—3949 m.
<i>Tenacia arcifera</i> O. Sch.	17 f. 31 m.
<i>Tentorium</i>	60—1250 f. 109—2285 m.
<i>Tethya cometes</i> O. Sch.	1—329 f. 1—601 m.
<i>Tethyopsis</i>	45 f. 82 m.
<i>Tetilla</i>	1—775 f. 1—1417 m.
<i>Thecophora ibla</i> V.	1—4 f. 1—7 m.
<i>Thecophora semisuberites</i> O. Sch.	100—225 m.
<i>Thenca</i>	44—1913 f. 80—3497 m.
	gewöhnlich 1000—1800 f. 1828—3291 m.
<i>Thrinacophora</i>	7—20 f. 12—36 m.
<i>Thrombus</i>	130—500 f. 236—914 m.
<i>Tisiphonia fenestrata</i> häufig im Golfe von Mexiko	955—1591 f. 1745—2909 m.

<i>Toxochalina robusta</i> R.	7—20 f. 12—36 m.
<i>Trachycaulus Gurlittii</i> F. E. Sch. im rothen Tiefseethon des Südpazifik	2550 f. 4662 m.
<i>Tremaulidium geminum</i> O. Sch.	131 f. 238 m.
<i>Tretolophus</i>	140 f. 255 m.
<i>Tribrachium</i>	7—400 f. 12—731 m.
<i>Trichostemma</i>	220—2160 f. 401—3949 m.
<i>Triptolemus</i>	142—374 f. 258—683 m.
<i>Ute argentea</i>	120 f. 218 m.
<i>Verongia tenuissima</i>	730 m.
<i>Vetulina stalactites</i> O. Sch.	100 f. 182 m.
<i>Vioa Nardo</i> O. Sch.	130 f. 236 m.
<i>Volvulina Sigsbeeii</i> O. Sch.	100—292 f. 182—533 m.
<i>Vomerula esperioides</i> R. D.	150—600 f. 273—1097 m.
<i>Vosmaeria crustacea</i> Frist.	54—125 m.
<i>Walteria Flemmingii</i>	630 f. 1151 m.

5. Anthozoa.

Es wurden bei der Ausarbeitung benutzt:

- ALLMAN, Challenger, Rep. Zoology, Vol XXIII, Nr. III.
BASSET-SMITH, Report on the Corals from the Tizard and Macclesfield Banks, China Sea. Ann. Mag. Nat. Hist., 6. Ser., VI, 353.
DANA, Corals and Coral Islands 1875.
DARWIN, Bau und Verbreitung der Korallenriffe, Stuttgart 1876.
DUNCAN, Notices of some Deep Sea and Litoral Corals, Proc. Zool. Soc. 1876, S. 428.
FORBES, Report on the Mollusca and Radiata of the Aegaeen Sea 1843.
FORBES, The infralitoral distribution of Marine invertebrata of the Coasts of Great Britain, Rep. Brit. Assoc. 1850.
KLUNZINGER, Die Korallenthier des Rothen Meeres, Berlin 1879.
LINDSTROEM, Contributions to the Actinology of the Atlantic Ocean, K. Svenska Vct. Acad. Handl., B. 14, Nr. 6.
MOSELEY, Report on the Scientific Results of the Expl. Voy. of H. M. S. Challenger, Zoology. Vol II, part. VII.
POURTALES, Deep Sea Corals. Ill. Cat. of the Mus. of Comp. Zool. Cambridge 1871, Nr. 4.
QUELCH, Report on the Scientific Results of the Expl. Voy. of H. M. S. Challenger, Zool. Vol XVI, part. III.
QUOI & GAIMARD, Voyage de l'Astrolabe. Zoologie 1830.
SEMPER, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig 1880.
STUDER, Anthozoa polyactinia, welche während der Reise S. M. S. Corvette Gazelle um die Erde gesammelt wurden. Monatsber. der k. Acad. der Wissensch. zu Berlin 1877, S. 625; 1878, S. 524.
WALTHER, Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. Abh. d. K. S. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1888.
WALTHER, Die Adamsbrücke und die Korallenriffe der Palkstrasse. Peterm. Erg. Hefte. Nr. 102. Gotha 1891.
und andere Abhandlungen, welche im Text citirt werden.
-

Den freischwimmenden Cölenteraten stehen die festsitzenden Anthozoen nicht scharf gegenüber. Eine ganze Anzahl Medusen entwickeln sich durch Knospung aus sessilen Polypen, und die Mehrzahl der Anthozoen leben in ihrer Jugend planktonisch. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die Anthozoen den grössten Theil ihres Lebens festsitzen und in diesem Zustand geschlechtsreif werden.

Der Körper der Anthozoen besteht aus einem hohlen Cylinder, der unten von der Fuss Scheibe, oben von der Mundscheibe geschlossen wird, und dessen Inneres durch senkrechte Scheidewände gefächert ist. Die Scheidewände oder Mesenterialfalten scheiden aus besonderen Drüsen einen verdauenden Saft ab, und enthalten ausserdem die Geschlechtsdrüsen. Ueber jedem Fach steht auf der Mundscheibe ein Tentakel, der als Greiforgan fungirt. Die Mesenterialfalten sind radiär angeordnet, und infolgedessen sind auch die Greiforgane, die Geschlechtsorgane und die Körperhöhle radiär symmetrisch gebaut.

In der Mitte der Mundscheibe liegt, von dem Tentakelkranz umgeben, eine Oeffnung, welche als Mund und After dient; ein unten offenes Rohr, das Mundrohr, führt in den Körperhohlraum.

Trotz dieser radialsymmetrischen Anordnung der wichtigsten Organsysteme findet man bei vielen Anthozoen Spuren eines bilateral-symmetrischen Baues. Die fossilen Tetrakorallen sind oft ganz bilateral gebaut, bei vielen Aktinien ist die Mundöffnung zu einem Spalt in die Länge gezogen, und eine *Arachnactis branchiolata*¹⁾ mit excentrischem Mund und vollkommen bilateralem Körper ist, ebenso wie *Philomcdusa* und *Halcampa*, durch freischwimmende Lebensweise ausgezeichnet.

Die geschlechtliche Fortpflanzung ist zwar überall vorhanden, allein wichtiger für die Vermehrung der Anthozoen ist die ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung und Stockbildung.

Während eine grosse Zahl der Hexakorallen und der Oktokorallen einen weichhäutigen Körper besitzen, scheiden andere hornige oder kalkige Skelette ab, und die Madreporiden sind durch sehr massige Kalkgerüste ausgezeichnet. Sie sind daher auch von hervorragender geologischer Bedeutung, und sollen bei den folgenden Besprechungen wesentlich berücksichtigt werden.

Die Madreporiden oder Korallen im engeren Sinne scheiden in ihren Geweben der Leibeswand, der Fuss Scheibe und den, zwischen den Mesenterialfalten gelegenen Septen oder Sternleisten sehr bedeutende Mengen von Kalk ab. Ausserdem werden bei stockbildenden Formen die einzelnen Polypen durch ein kalkiges Zwischenskelett, das Coenenchym, verbunden.

Das Skelett der Korallen besteht wesentlich aus kohlen saurem Kalk.

<i>Oculina</i> ²⁾	enthält	95,37 $\frac{1}{100}$	kohlen sauren Kalk
<i>Porites</i>	"	95,08	" "
<i>Manicina</i>	"	96,54	" "
<i>Madrepora</i>	"	97,19	" "
<i>Siderastraca</i>	"	97,30	" "
<i>Millepora</i>	"	97,46	" "
<i>Agaricia</i>	"	97,73	" "

Der Rest ist Kieselsäure, Magnesia, Fluor, Phosphorsäure und Eisenoxyd.

Der Gehalt an kohlen saurer Magnesia ist in manchen Korallen gerüsten nicht unbedeutend. Sogar Metallsalze konnten in Korallen nachgewiesen werden. FORCHHAMMER³⁾ fand

1) A. AGASSIZ, Journ. Bost. Soc., Nat. Hist. 1863, S. 525.

2) A. AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 148, Anm.

3) ROTH, Allg. Geologie, I, S. 491.

in <i>Pocillopora alcornis</i>	$\frac{1}{3000000}$	Silber,
	$\frac{1}{5000000}$	Kupfer,
	$\frac{8}{3000000}$	Blei,
in <i>Heteropora abrotanoides</i>	$\frac{1}{350000}$	Kupfer,
	$\frac{1}{50000}$	Blei.

Mit seltenen Ausnahmen leben die Aktinien angeheftet an Steine, Schalen oder am Seeboden, oder sind mit der Basis in Sand oder Schlamm eingesenkt. Die angehefteten Arten können sich mit Hilfe ihrer Basismuskeln mit grosser Langsamkeit bewegen. Die losen Steine am Seerfer bei Ebbe tragen oft auf ihrer Unterseite Aktinien. Sehr wenige Arten schwimmen oder schweben im Ozean.

Im Sand lebende Arten sind oft wurmförmlich, und bohren lange Gänge im Sande¹⁾.

Die Mehrzahl der Korallen lebt festgewachsen am Meeresboden. Obwohl süsses oder brackisches Wasser alle Riffkorallen rasch tödtet, so findet²⁾ man doch *Cilicia rubicola* Q. G. im süsssen Wasser des Thamesflusses auf Neuseeland; und *Madrepora cribripora*³⁾ wächst auf Rewa (Viti, Lebu) in einem 200 m breiten Fluss, 4 km von seiner Mündung, an einer Stelle, wo die Schiffe ihren Trinkwasserbedarf entnehmen. Wenn man auch bedenken muss, dass das Süsswasser ganz oben schwimmt, so ist doch jedenfalls auch am Grunde des Flusses salzarmes Wasser vorhanden.

Auch *Porites* soll ähnlich ausdauernd sein.

Morphologisch und biologisch stehen sich in der Gruppe der Madreporiden die Einzelkorallen und die Riffkorallen ziemlich scharf gegenüber.

Man hat die Einzelkorallen auch Tiefseekorallen genannt, allein manche derselben bewohnen auch ganz flaches Wasser, daher sollte dieser Name vermieden werden. Der wesentliche Charakter dieser Abtheilung beruht darin, dass die ungeschlechtliche Vermehrung sehr zurücktritt, und dass infolgedessen keine Stöcke gebildet werden. Den weichhäutigen Aktinien ähnlich, bewohnen die Einzelkorallen am liebsten schlammige Gründe. Von Korallen⁴⁾ fand der Challenger bei den Freundschaftsinseln in 450 m nur *Ceratotrochus* und *Cryptohelia*, da das grosse Netz nur selten Schlamm mit heraufbrachte, und — ohne Schlamm keine Korallen! Aber überall, wo ein ruhiges Wasser und schlammiger Boden zu finden ist, können Einzelkorallen gedeihen, und so finden sie sich oft in ganz geringen Tiefen. *Caryophyllia* lebt von 1—2740 m, *Bathyaetis* von 90—5500 m.

Gern suchen sie sich einen Fremdkörper aus, der im Schlamm liegt, um auf ihm zu wachsen. *Caryophyllia cyathus* findet sich bei Neapel häufig auf *Dentalium*, und oftmals sitzen 5 und mehr Korallen in allen Grössen auf den zierlichen Schneckenröhren. Andererseits beobachtet man nicht selten, dass ein Korallenkehl auf dem anderen aufsitzt und aus diesem hervorgewachsen erscheint. Und wirklich liegt die Vermuthung nahe, dass Formen wie *Lophohelia prolifera*, *Leptocyathus Limpsonii*, *Paracyathus confertus*, *Coelosmia foecunda*

1) DANA, Corals and Coral Reefs 1875.

2) CHALLENGER, Report, Vol. XVI, II, S. 36.

3) DANA, l. c., S. 94.

4) v. WILLEMÖES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1875, XXXI.

und ähnliche Arten Uebergänge zwischen Einzelkorallen und stockbildenden Riffkorallen darstellen.

Ueber die Wachstumsgeschwindigkeit der Einzelkorallen liegen nur wenige Angaben vor. Auf einem Kabel¹⁾ NW. von Spanien wuchsen in 6 Jahren:

Desmophyllum cristagalli $1\frac{2}{3}$ Zoll

Lophohelia prolifera $1\frac{3}{4}$ „

Wahrscheinlich spielt in der Verbreitung der Einzelkorallen die Temperatur des Meereswassers und deren Schwankungen eine bestimmende Rolle.

Die Stylasteriden sind über die ganze Welt verbreitet und finden sich in allen Tiefen, vom Seichtwasser an der Küste bis zu den Tiefen des offenen Ozeans. Nur zwei Formen *Allopora oculina* und *Stylaster gemmacens* finden sich im Nordatlantik²⁾.

Die Riffkorallen sind in mehrfacher Hinsicht das Gegenstück ihrer einzelnen lebenden Verwandten. Erstens tritt bei ihnen die geschlechtliche Vermehrung vollkommen in den Hintergrund. Die meist sehr kleinen Polypen sind zu vielen Tausenden an einem Stock zusammengedrängt. Durch Ausscheidung eines massigen Kalkcönenchyms erhalten die Stöcke eine beträchtliche Schwere, bedürfen daher einer festen Unterlage, und im Zusammenhang mit diesen Eigenthümlichkeiten stehen manche bemerkenswerthe Thatsachen der Lebensweise.

Die Stöcke der Riffkorallen sind meist fest auf ihrer Unterlage angewachsen. *Porites solida* Forsk.³⁾, eine scheibenförmige Koralle mit todtten Flächen und lebendem Rand, lebt allerdings ganz frei im Sande der Riffe von Kamarane; auch auf den Neuhebriden beobachteten die Naturforscher der Challengerexpedition⁴⁾, dass manche *Porites*arten durch die Wellen hin- und hergerollt werden, obwohl sie rings von lebenden Polypen bedeckt waren.

Bei Saunriffen, welche einen ruhigen Kanal zwischen Küste und Riff erzeugten, kann man ebenfalls im Sande viele Korallenstöcke beobachten, die nur locker eingesenkt und leicht herauszuheben sind. Indem man sich aber den brandenden Klippen der Riffkante nähert, werden die Korallenstöcke immer dichter und fester, ein Stock klammert sich auf den anderen fest, auf abgestorbenen Blöcken entwickelt sich ein neues Leben, und eine reiche Fülle schöner Arten findet man dichtgedrängt nebeneinander.

Solange die Polypen eines Stockes leben, vermag keine andere Korallenlarve sich auf ihnen festzusetzen, denn die gefräßigen Polypen ergreifen mit ihren Tentakeln jedes im Wasser treibende Wesen. Allein sobald an einem Ast die Polypen absterben, so setzt sich daselbst oft ein neuer Stock an. Wenn man auf einem Riff sein Augenmerk auf solche Doppelstöcke richtet, so kann man leicht viele Beispiele sammeln. Auch hier macht sich ein Kampf ums Dasein geltend⁵⁾.

Ueber die Art, wie sich *Madrepora*, *Porites* und *Montipora* mitten in schlammigem Meeresgrunde auf Muschelschalen, Bimstein-

1) DUNCAN, Proc. Roy. Soc. London 1877, S. 133.

2) MOSELEY, Challenger Rep. Zoology II, S. 78.

3) FAUROT, Archive de Zool. Exper. 2, VII, 125.

4) CHALLENGER, Narrative II, S. 517.

5) Vergl. BRUEGGEMANN, Kosmos Bd. II, S. 161.

stücken etc. festsetzen, hat SLUTTER in der Javasee eingehende Untersuchungen gemacht¹⁾.

Im westlichen Theil der Bai von Batavia liegen etwa 30 gesonderte Korallenriffe. Unter diesen kommen alle möglichen verschiedenen Stadien vor, von den ersten Anfängen eines Riffes bis zu dicht bewaldeten Inseln. Am Meeresboden liegen im Schlamme stets kleinere und grössere Steine, auf denen man junge Korallenkolonien aufgewachsen findet. Zwei Jahre nach dem Ausbruch des Krakatau waren schon *Madreporen* von 7 cm Länge, und *Montiporen* von 1 cm Oberfläche gewachsen.

Diese Korallenkolonien wachsen immer weiter. Der Stock wird schwerer, und indem er allmähig in den Schlamm einsinkt, vergrössern sich die Korallen nach oben. So bauen sich die Korallen selbst ein Fundament, welches ihnen erlaubt, auch im weichen Schlamm Boden zu gedeihen. Auf der Insel Onrust kann man beobachten, dass der 20 m dicke Korallenfels 7 m tief in den Schlamm hineingesunken ist.

Die Nahrungsaufnahme eines festsitzenden Thierstockes ist abhängig von dem Gehalt des umgebenden Seewassers an Planktonorganismen. Das Individuum vermag seinen Standort nicht willkürlich zu ändern. Wohl kann es mit Hilfe seiner zarten Tentakeln ein kleines Nachbargelände tastend durchgreifen, aber der Nahrungserwerb kann durch solche aktive Bewegungen nicht auf verschiedenem Gebiet ausgeübt werden. So sind jene unzähligen Polypen der Korallenstöcke darauf angewiesen, dass die Welle ihre Nahrung herbeiträgt.

Und so kann man denn beobachten, wie die kleinen Polypen bald einen kleinen Kopepoden, bald eine Echinodermenlarve, hier einen Algenfetzen, dort ein Stückchen verwesendes Fleisch ergreifen, um es dem Magen zuzuführen.

SEMON beobachtete in der Torresstrasse, dass sogar kleine Fische von Korallen ergriffen wurden.

Bei diesem Nahrungserwerb kommt den Riffkorallen eine Eigenschaft zu gute, welche sie ziemlich unangreifbar macht. Denn in dem Gewebe der Polypen sind unzählige kleine Nesselzellen vertheilt, welche bei der geringsten Berührung einen giftigen Saft entleeren, der die gefangenen Plankthiere sofort betäubt.

Wir haben bei Besprechung des pelagischen Planktons gesehen, dass dasselbe Nachts und bei ruhiger See zahlreicher als am Tage und bei bewegtem Meere zu finden ist, demzufolge haben wir Grund zu der Annahme, dass die Riffkorallen hauptsächlich des Nachts fressen.

Allein wir sahen auch, dass das Plankton in seiner Verbreitung und seiner Zusammensetzung von so vielen Faktoren abhängig und solchem Wechsel unterworfen ist, dass wir uns schliesslich die Frage vorlegen müssen: wovon leben die Riffkorallen, wenn das Plankton einmal zeitweise fehlt?

Im Ganzen²⁾ verlangt die riffbildende Koralle viel Licht und viel Sauerstoff zu ihrem Gedeihen. Fast alle Arten sind eigentlich lichthungrig, ihre Thiere bauen fast nur in der Richtung der starken Beleuchtung und lassen einen ausgeprägten Heliotropismus erkennen.

1) Naturk. Tijdschrift for Nederl. Indie. Bd. XLIX, S. 336.

2) KELLER, Reisebilder aus Ostafrika und Madagascar 1887, S. 61.

Doch nicht alle Korallen gehen dem Lichte zu. *Fungia Ehrenbergii*, *Hydnophora Ehrenbergii* und *Mopsa erythraea* ziehen den Schatten vor.

Auch auf den Bermudas beobachtet man¹⁾, dass *Diploria cerebriformis* das sonnige Wasser vorzieht, während *Millepora ramosa*, *Isophyllia dipsacea* und *Agaricia fragilis* im Schatten am besten gedeihen.

Man erkennt aus diesen Thatfachen, dass das direkte Sonnenlicht zwar nicht von allen Riffkorallen gesucht wird, dass aber die lichtliebenden Korallen in der Mehrzahl sind, und dass infolgedessen in der Belichtung ein Vortheil für dieselben gegeben sein muss.

Wahrscheinlich sind die im Gewebe mancher Korallen enthaltenen Xanthellen die Ursache dafür, dass Riffkorallen nur im Sonnenlicht gedeihen, indem dieselben hier von den Assimilationsprodukten der Gelben Zellen zu einer Zeit leben können, wo das Plankton im Meere arm ist.

Die Nahrung, welche der Korallenpolyp aufnimmt, dient wesentlich dazu, eine Theilung der vorhandenen Polypen und dadurch eine Vermehrung ihrer Zahl zu bedingen; dem Grössenwachsthum der Einzelkorallenperson ist bald ein Ziel gesetzt, alle überschüssige Nahrung dient zur Bildung von Knospen und zum Hervorbringen neuer Polypen.

Nur in seltenen Fällen lösen sich diese Knospen von dem Mutterthier ab, um ein selbstständiges Leben zu beginnen. *Fungia*²⁾ erzeugt auf der Unterseite der Scheibe kleine Korallenknospen, welche sich freimachen. *Diaseris Freycineti* wird lappig durch Bildung³⁾ von Furchen, wobei sich die Mundöffnungen entsprechend vermehren und die neugebildeten Individuen durch einen geringen äusseren Anstoss auseinanderbrechen. *Balanophyllia prolifera*⁴⁾ entwickelt an der Theka, meist in der Nähe der Basis, seltener am Kelehrand Knospen, die nach einer gewissen Zeit abfallen und eine deutliche Narbe hinterlassen.

Diesen Beispielen stehen gegenüber die Mehrzahl der stockbildenden Riffkorallen.

Indem sich die Individuen zum Stocke vereinigen, gewähren sie sich gegenseitig einen mechanischen Schutz, und je stärker die Welle daherbrandet, desto enger und gedrängter müssen sie sich zum Stocke verbinden. Dem horizontalen Stoss des Wassers muss der Stock einen möglichst geringen Widerstand bieten und zugleich so gebaut sein, dass allen ihn zusammensetzenden Einzelthieren gleichmässig viel Nahrung zugeschwenmt wird. Mögen in den Tiefen des Ozeans Einzelkorallen leben und gedeihen können — das Lebenselement des Korallenstockes ist die bewegte Flachsee. Und eine einfache Anpassung an die Lebensbedingungen der Brandungszone ist die schirmförmige Gestalt vieler Riffkorallen, eine Gestalt, welche viel Oberfläche und wenig seitlichen Widerstand bietet.

So sind wir, ausgehend von physiologischen Betrachtungen, zur Besprechung jener auffallenden Thatfache gelangt, dass die Riffkorallen

1) CHALLENGER, Narrative I, S. 145.

2) STUTCHBURY, Trans. Linn. Soc. 1830, p. 493.

3) SEMPER, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1872, S. 270.

4) KLUNZINGER, Korallenth. des Rothen Meeres II, S. 56.

nur in flachem Wasser gedeihen können. Nur folgende Gattungen sind bisher auf einem Riff in Tiefen von 50—90 m beobachtet worden ¹⁾:

<i>Stylophora Güntheri</i>	58 m
<i>Flabellum Stokesi</i>	73 "
<i>Desmophyllum sp.</i>	58 "
<i>Cyathohelia axillaris</i>	90 "
<i>Lithophyllia lacrymalis</i>	80 "
<i>Tridacophyllia cervicornis</i>	90 "
<i>Favia sp.</i>	82 "
<i>Pavonia papyracea</i>	73 "
<i>Leptoseris striatus</i>	64 "
<i>Phyllastraea Okeni</i>	58 "
<i>Psammocora planipora</i>	58 "
<i>Balanophyllia parvula</i>	90 "
<i>Balanophyllia scabrosa</i>	73 "
<i>Montipora sp.</i>	73 "
<i>Montipora porosa</i>	64 "
<i>Montipora sp.</i>	80 "
<i>Rhodaraca Lagrenii</i>	73 "
<i>Alveopora daedalca</i>	73 "
<i>Alveopora retepora</i>	64 "

Wenn man erwägt, dass eine Anzahl der genannten Formen eher zu den Einzelkorallen als zu den Rifffkorallen gerechnet werden müssen, so wird die Thatsache um so auffallender, dass in 90 m Tiefe die letzten lebenden Rifffkorallen gefunden worden sind.

Ebenso wie den Rifffkorallen nach unten eine Wachsthumsgrenze gesetzt ist, so bildet nach oben der Wasserspiegel für die meisten Arten eine undurchbrechbare Schranke.

Manche Korallen haben allerdings in hohem Maasse die Fähigkeit, Schleim abzuscheiden. MOEBIUS ²⁾ beobachtete dies auf Mauritius bei *Goniastrea retiformis* und *Leptoria gracilis*. Aehnliche Beobachtungen sind bei einer ganzen Anzahl anderer Arten gemacht, welche alle den Schluss erlauben, dass gewisse Rifffkorallen ohne jeden Schaden während der Ebbe einige Stunden ausserhalb des Wassers leben können, indem sie durch Abscheidung von Schleim sich vor dem Austrocknen schützen.

Ueber die Intensität des Wachsthums der Rifffkorallen liegen, nur wenige Angaben vor.

Madrepora cervicornis ³⁾ wuchs auf den Tortugas in einem Jahr 3½ Zoll lang. In der Bucht von Corail ⁴⁾ findet man Zweige von *Madrepora alcicornis* 3—5 Zoll aus dem Wasser hervorragend. Da nur von Dezember bis Februar der Meeresspiegel an der Nordküste von Haiti 5—8 Fuss höher steht, als in der übrigen Jahreszeit, so müssen diese 5 Zoll langen Zweige in drei Monaten gewachsen sein. *Madrepora sp.* wuchs nach WHIPPLE 3 Zoll in einem Jahr.

1) BASSET-SMITH, Ann. Mag. Nat. Hist. 1890, S. 357.

2) MOEBIUS, Mauritius, S. 45.

3) DANA, Am. Journ. 1875, II, S. 35.

4) WEINLAND, Neues Jahrbuch f. Min. 1860, S. 217.

Diesem relativ raschen Wachstum ästiger Riffkorallen steht ein relativ langsames Wachstum massiger Korallenstöcke gegenüber. DANA ¹⁾ berichtet, dass

Macandrina sp. in 12 Jahren 6 Zoll,

Macandrina clivosa in 14 „ ¹/₆ Zoll wuchs.

DANA weist auch auf diesen Gegensatz hin, indem er sagt: Madreporen wachsen zweifellos viel schneller als die massiven Korallen.

Eine *Favia amicornum* wuchs auf Mauritius ²⁾ in 62 Jahren 10 cm dick, 24 cm breit, 26 cm lang, also mindestens 1,6 mm pro Jahr.

Auch die auf Telegraphenkabeln festgewachsenen Korallen geben Fingerzeige über die Wachstumsgeschwindigkeit, doch muss hierbei der Beginn des Wachstums innerhalb der bestimmten Frist willkürlich gesetzt werden; infolgedessen gewinnt man nur Minimalwerthe.

Zu den wichtigen Lebensbedingungen der Riffkorallen gehört auch, dass das Wasser frei ist von trübenden Schlammtheilchen. Es scheint, dass durch den Schlamm nicht so sehr den Korallen direkt Schaden zugefügt wird, als dass in einem beständig schlammigen Wasser das Plankton verschwindet, und dadurch den Riffkorallen die Nahrung entzogen wird. Manche Korallen sind gegen schlammiges Wasser unempfindlich. *Porites limosa* ³⁾ und *Astraea Bowerbanki* leben im schlammigen Wasser des Mangrovwaldes. Die Korallenriffe der Palkstrasse bei Ramesveram befinden sich ebenfalls in einem trüben strömenden Seewasser ganz wohl.

Ein gefährlicher Feind der Riffkorallen ist das schlammige Süsswasser, und ein Saumriff zeigt überall da eine Unterbrechung, wo ein Fluss oder Bach ins Meer mündet. Dass einzelne Korallen im brackischen Wasser gedeihen, wurde schon erwähnt. Der wichtigste Faktor aber, welcher die Verbreitung der Riffkorallen bestimmt, ist die Temperatur des Seewassers. Wenn wir mit DANA alle Punkte gleicher Minimaltemperatur verbinden, so erhalten wir die sogenannten Isokrymen. Die Isokryme von 20° C. umgrenzt nun alle Korallenriffe des Weltmeeres. Natürlich wird der Verlauf dieser Linie durch Meeresströmungen sehr beeinflusst, so dass dieselbe im Atlantik bei den Bermudas durch den Golfstrom eine sehr entschiedene Ausbuchtung nach Norden erleidet, ebenso wie die kalten Strömungen an der Westküste von Südafrika und Südamerika eine Versmälnerung des Riffgürtels bedingen.

Dass übrigens die Minimaltemperatur von 20° C. nicht ausnahmslos das Verbreitungsgebiet aller Korallen bestimmt, erkennt man schon daraus, dass die Einzelkorallen meist in den kalten Regionen grösserer Tiefen leben und dort ebenso gedeihen wie in den warmen Gewässern des Flachwassers. *Manicina arcolata* ⁴⁾ fand man in der Simonsbay (Kapland) 18—36 m tief in einer Temperatur von 18° C. und viel besprochen ist der Fund von *Madrepora borealis* im Weissen Meer bei Archangel.

Innerhalb jenes gewaltigen tropischen Korallengürtels, welcher sich rings um die Erde schlingt, lassen sich auf kleinere und grössere

1) DANA, Corals and Coral Islands 1875, S. 97—100.

2) MOEBIUS, Mauritius, S. 46.

3) CHALLENGER, Rep. XVI, II, S. 36.

4) CHALLENGER, Rep. XVI, II, S. 35.

Entfernung bemerkenswerthe Faunenunterschiede finden. In erster Linie unterscheidet ORTMANN¹⁾ in der Riffauna eine indo-pazifische und eine ostamerikanische Region. Beide haben zwar eine Anzahl Gattungen gemein (*Madrepora*, *Porites*, *Isophyllia* (?), *Macandrina* (mit *Coeloria*), *Heliastrea*, *Acanthastrea*, *Siderastrea*, *Favia*), doch sind nur zwei Arten identisch, nämlich *Heliastrea annularis* und *Siderastrea radians*. Im Uebrigen sind die Korallenfaunen beider Gebiete sehr verschieden. Die ostamerikanische Fauna zerfällt in eine westindische mit *Madrepora*, *Macandrina*, *Manicina* und *Diploria* und eine brasilianische, welcher diese Gattungen fehlen. Die Fauna des Indik²⁾ zerfällt in ein westliches Gebiet an den afrikanischen Küsten, und von diesem durch eine ungünstige Küste und grosse Meerestiefen getrennt, eine östliche Region.

Sehr auffallend ist es, dass manche Gattungen und Arten lokal ungemein häufig sind, und nahe dabei fehlen. So ist im Hafen von Point de Galle die Gattung *Porites* ungemein selten, obwohl die Fülle der Korallen in dieser ruhigen Bucht geradezu wunderbar ist. Nach ORTMANN³⁾, welcher die von HAECKEL in Südceylon gesammelten Korallen bearbeitete, fanden sich in dem reichen Material nur vier Stücke von *Porites*, welche drei verschiedenen Arten angehörten.

Besucht man dagegen die Korallenriffe der Palkstrasse, 200 klm nördlich von Point de Galle, so findet man hier *Porites* als verbreitetste und wichtigste Gattung. Stöcke von 2 m Höhe und 3—5 m Durchmesser umgeben die Inseln Currisuddy und Shingle Isd., und das subfossile Riff bei Paumben besteht wiederum vorwiegend aus *Porites*-stöcken.

Stylophora, welche innerhalb der Saumriffe des Rothen Meeres ungemein häufig ist, fehlt bei Ceylon vollständig, obwohl die auffallende Gestalt und Farbe dieser Gattung gar nicht zu übersehen ist.

Nicht minder interessant wie die Lebensbedingungen der Riffkorallen sind die Erscheinungen ihres Absterbens. Die lebenden Polypen der *Porites*-stöcke bilden oftmals⁴⁾ einen vorspringenden Rand um eine obere, abgestorbene Fläche. Da die Korallen durch den Ebbestand in ihrem Wachstum nach oben gehemmt werden, breiten sie sich seitlich aus; es haben daher die meisten Stöcke breite abgeplattete, abgestorbene Gipfel.

Millepora complanata wächst in dicken senkrechten Platten, welche einander in verschiedenen Winkeln schneiden, und bildet eine ausserordentlich starke honigwabenähnliche Masse, welche meist eine kreisförmige Gestalt annimmt, an der dann nur die randständigen Platten lebendig sind. Dieselbe Erscheinung findet man bei *Madrepora*, *Pocillopora* und anderen Gattungen wieder.

Die zentralen Aeste eines Stockes sind zuerst entstanden, sie sterben auch zuerst wieder ab. In dem Maasse, als die mittleren Theile des Stockes sterben, siedeln sich Grünalgen, Florideen, Bryzoen, Hydropolypen, Gorgoniden und viele andere kleine Organismen auf ihnen an.

1) ORTMANN, Zool. Jahrb. 1880, S. 182.

2) STUDER, Zool. Jahrb. 1880, S. 239.

3) ORTMANN, Zool. Jahrb. IV, S. 536.

4) DARWIN, Korallenriffe S. 7.

Die Krebschen, welche in grosser Zahl und aus allen Familien zwischen den Aesten der Korallen leben, finden eine willkommene Nahrung. *Lithodomus* lebt schon in frischen Aesten in Menge, aber absterbende Zweige sind ganz von ihnen durchlöchert. Pilze bohren sich Gänge durch das Cönenchym; *Achlya penetrans*¹⁾ lebt in *Balanophyllia* und *Flabellum*, *Saprolegnia ferax* in *Caryophyllia*.

In jedem Exemplar²⁾ von *Heteropsamia cochlea* im Golfe von Manaar findet sich eine Sipunkulide *Aspidosiphon* lebend eingeschlossen; keine Koralle wurde ohne Wurm gefunden.

Anneliden, oft 60 cm lang, nagen vielgewundene Gänge durch die Korallenmasse, und grössere Krebse und Raubfische stellen wieder diesen Thieren nach.

Nimmt man einen Korallenstock aus dem Meer und zerschlägt ihn mit dem Hammer, so fallen sofort eine Unmenge Thiere aus allen Winkeln heraus, und mancher Stock beherbergt ein wahres zoologisches Museum. Alle diese Thiere jagen und fressen auf dem Riff, eines dient dem andern zur Nahrung; kein Wunder, dass bei diesem Kampf ums Dasein auch die Korallenäste zerbrochen, abgerieben, zerstört werden. Was sich lockert oder von den grösseren Raubthieren abgebrochen wird, das zerkleinert das Heer der kleinen Räuber, und so wird allmählig aus dem farbenprächtigen Korallenstock ein unscheinbares tropfsteinartiges Gebilde, das nur noch auf dem Querbruch die Korallenstruktur erkennen lässt.

Wie kleingehackte Baumäste, von grünen, glatten Algenrinden überzogen, liegen die Zweige der Madreporen da. Kein Kelch ist mehr zu erkennen, keine Spitze mehr zu sehen. Die übereinanderliegenden Enden werden durch Kalkalgen verkittet, und dadurch ein netzartiges Balkenwerk erzeugt; ein Schirm von 1 m Durchmesser und 20 cm Höhe wird korrodirt zu einem flachen Kegel von 25 cm Durchmesser und 12 cm Höhe, dem man nicht mehr ansieht, wie schön er einmal ausgesehen hat. In dieser Form werden die Korallenstöcke meist fossil, und da darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn wir fossile Riffkalke so oft vergeblich nach erhaltenen Kelchen durchsuchen.

Wir haben die Korallen biologisch in zwei Gruppen getrennt, welche auch geologisch gesondert behandelt werden müssen. Die Einzelkorallen leben in einem Sediment, welches sich wie kein zweites für die Erhaltung der feineren Formen günstig erweist. Der zarte Schlamm umhüllt nach dem Tode der Thiere das Skelett, entzieht es den zerstörenden Kräften am Meeresboden und bewahrt es tadellos auf.

Die Folge davon ist, dass die Einzelkorallen in allen Ablagerungen älterer Erdperioden meist wohl erhalten sind. Ein Schluss auf die Tiefe, in welcher das sie umgebende Sediment gebildet wurde, lassen sie nur in wenigen Fällen zu, und auch als Leitfossilien haben sie nur geringen Werth. Vor allem muss der Meinung entgegengetreten werden, als ob Einzelkorallen nur in Ablagerungen der „Tiefsee“ gefunden werden können.

Dass stockbildende Riffkorallen ausnahmslos in flachem Wasser

1) DUNCAN, Proc. Roy. Soc. London 1876, S. 238.

2) THURSTON, Notes on Pearl Fisheries, Madras 1890, S. 75.

leben und dass ihre Reste für eine Ablagerung aus 1—100 m Tiefe sprechen, wurde schon längst erkannt. Es hängt das mit den Bedingungen der Stockbildung zusammen, und ist daraus leicht verständlich. Allein vom geologischen Standpunkte müssen wir darauf hinweisen, dass tote Korallenstöcke, welche über den Abhang eines Riffes in die Tiefe rollten, leicht auch in Absätzen grösserer Tiefen in beträchtlicher Zahl gefunden werden können. Daher ist es von Wichtigkeit, die Stellung und Lage solcher Stöcke genau zu untersuchen und zu prüfen, ob sie so gewachsen sein können, wie wir sie eingebettet finden.

Eine zweite Frage, die sich an das Auftreten von Riffkorallen knüpft, ist die, ob dieselben auch ausserhalb der Tropenzone, ausserhalb der Isokryme von 20° C. gedeihen können und gelebt haben möchten. Bekanntlich findet man fossile Korallenriffe unter Breiten, in denen heutzutage keine Riffkorallen gedeihen, und wird vor die Frage gestellt, ob dieselben nicht in der Vorzeit andere Verbreitungsgebiete gehabt haben könnten?

Zuerst müssen wir betonen, dass Korallenriffe, d. h. Kolonien stockbildender Korallen in allen solchen Meeren ausgeschlossen sind, in denen das Meer während des Winters friert. Der Planktonreichtum der polaren Meere würde zwar hinreichen, um allenthalben Riffkorallen zu ernähren, allein ganz undenkbar ist ihre Existenz, wenn die Oberfläche des Meeres sich während des Winters mit Eis bedeckt und während des Sommers eine Trift scharfkantiger Eisschollen und Eisberge das Meer erfüllt. Festsitzende Küstenthiere, wie die Riffkorallen, würden hierbei ganz unmöglich existiren können. Wir können also die Riffkorallen und die Korallenriffe vollkommen vom Polarmeere und von der Treibeiszone ausschliessen. Zwischen dieser Grenze und der Grenze der Verbreitung der Korallenriffe liegt eine Zone von 5—15 Breitengraden, innerhalb deren das Wintereis als solches dem Gedeihen der Korallenriffe keine Schwierigkeiten bereiten würde.

Allein die Riffkorallen sind in hohem Grade stenotherm, und gedeihen nur in einem Meer, dessen Temperatur geringen Schwankungen unterworfen ist. Diese Eigenschaft könnten vielleicht die Riffkorallen der Vorzeit in geringerem Maasse besessen haben, aber ganz undenkbar ist es, dass innerhalb der Treibeisgrenze Korallenriffe jemals gediehen haben könnten.

Obwohl wir bei Besprechung der Korallenriffe und ihrer Sedimente eingehend die Frage behandeln, woran man ein fossiles Korallenriff erkennen kann, so müssen wir doch hier auch dieses Problem berühren. Wie wir sahen, arbeiten eine ganze Zahl von Kräften daran, die absterbenden Korallen zu korrodiren und zu zerstören. Der Geologe, welcher die wohlverpackten und sorgsam behandelten Korallen in einem zoologischen Museum betrachtet, kann leicht zu der Annahme verleitet werden, dass in einem fossilen Korallenlager dieselben zarten Formen aufbewahrt sein müssten. Ja selbst der Naturforscher, der auf einem lebenden Korallenriff gesammelt hat und, durch die Formenpracht der Kolonien gefesselt, die wohlausgebildeten Stöcke der Riffkante und der Riffhöhlen durch seine Taucher heraufbringen liess, wird geneigt sein, dieselben wohlerhaltenen Exemplare auch in einem abgestorbenen Riffe zu suchen. Ich möchte aus eigener Erfahrung hervorheben,

dass ein grosses Maass von Entsagung dazu gehört, auf einem lebenden Riff seinen Blick von den anziehenden Formen der lebenden Korallenstöcke und ihrer Farbenpracht abzuwenden und die unscheinbaren „Sand“stellen zu untersuchen, welche absterbende und abgestorbene Stöcke enthalten, und die uns zeigen, wie eine Koralle fossil wird. Nur der geübte Blick vermag in den formlosen, mit Kalkalgen und Bryozoen überzogenen Steinen die Form der einstigen Prachtstücke wiederzuerkennen.

Die Möglichkeit, dass Korallenstöcke mit allen ihren Kelchen gut bestimmbar erhalten bleiben, ist auf einem Korallenriff sehr gering, und niemals darf man die Abwesenheit zahlreicher Korallenkelche für einen Beweis gegen die Riffnatur einer Kalkablagerung betrachten. Von allen Thierresten dürften wenige für die geologische Erhaltung so ungünstig sein wie gerade die Riffkorallen, welche der Tummelplatz einer reichen räuberischen Thierwelt und der Schauplatz der zerstörenden Brandung zu gleicher Zeit sind.

Anhang über die Lebensweise verwandter benthonischer Cölenteraten.

Die Antipatharien¹⁾ finden sich meist in geringen Tiefen, die grösste Tiefe, in welcher der Challenger Exemplare von *Bathypathes* erbeutete, war 5303 m.

Die Mehrzahl²⁾ der Pennatuliden, Pteroididen, Virguliden, Reniliden leben in seichtem Wasser nahe der Küste 10—36 m tief. Dagegen sind die Familien der Funikuliden, Strachyptiliden, Anthoptiliden, Kophobelemoniden, Umbelluliden, Protokauliden und Pteroptiliden in grösseren Tiefen heimisch. Die Alcyonarien³⁾ sind am häufigsten von der Küste bis zu 1000 m. Nur wenige haben ein vertikal grosses Verbreitungsgebiet, so *Primnocla australiensis* 12—270 m, *Leptogorgia purpurea* 18—900 m. Unterhalb 1000 m fand man nur *Acanthogorgia*, *Clavularia*, *Sympodium*, *Ceratoisis*, *Acanella*, *Anthomastus*, *Strophogorgia*, *Callozostron*, *Telesto*, *Dasygorgia*, *Stenella*. An der englischen Küste⁴⁾ bildet ein *Alcyonium* freie rundliche Massen, welche von den Wellen über den Sand gerollt werden.

Die meisten Plumularien⁵⁾ leben zwischen 15 und 36 m, manche in grösseren Tiefen. *Aglaophenia filicula*, *A. acacia*, *Polyplumaria pumila* fand man 822 m tief, *Cladocarpus formosus* 767—1417 m, *Cl. pectiniferus* in 1645 m.

1) BROOK, Chall. Rep. Zoology, Vol XXXII, Nr. I, S. 187.

2) KOELLIKER, Chall. Rep. Zoology, Vol I, S. 38.

3) WRIGHT & STUDER, Chall. Rep. Zool., Vol XXXI.

4) CHALLENGER, Narrative, Vol. II, S. 517.

5) Chall. Rep. Zool., Vol VII, S. 55.

Acanthocyathus

200—300 f.
365—548 m.

Acanthastraea hirsuta M. E. H.

nicht häufig auf den Riffen des Rothen Meeres in Höhlungen
an der Riffkante.

Agaricia agaricites M. E. H.

häufig auf den Floridariffen, auf anderen Stöcken aufgewachsen.

Aglaophenia

10—450 f.
18—822 m.

Allopora miniata Pourt.

100—324 f.
182—591 m.

Allopora oculina Ehrbg.

50—100 f.
91—182 m.

Allopora profunda Mos.

600 f.
1097 m.

an der Mündung des Rio della Plata.

Alveopora daedalea Forsk.

bei Kosser in engen Spalten des Riffes in der Brandungszone,
in der Chinasee:

1—40 f.
1—73 m.

Alveopora retrepora Ell. Sol.

1—35 f.
1—64 m.

Alveopora Tizardi Bass. Sm.

1—27 f.
1—49 m.

Ammocora secunda Pourt.

bei Madeira todt:

60—70 f.
109—128 m.

Amphihelia ramea Müll.

200—300 f.
365—548 m.

Antillia Dunc.

50 f.
91 m.

Antipathes sp.

im Chonosarchipel 45° S. Br.

16 f.
29 m.

Antipathes humilis Pourt.

270 f.
493 m.

Antipathes lenta Pourt.

35—37 f.
64—67 m.

Astraca M. E. H.

1—150 f.
1—273 m.

Astrangia Danac Ag.

Südküste von New-Jersey und am Leuchtthurm von Newhaven.

Astracopora myriophthalma Lamk.

grössere Blöcke und Krusten bildend im Rothen Meer.

Astylus subviridis Mos.

500 f.
914 m.

Axohelia Schrammi Pourt.

180—270 f.
328—493 m.

Die Gattung findet sich

100—400 f.
182—731 m.

Balanophyllia

1—300 f. häufig 20—60 f.
1—548 m. 36—109 m.

Balanophyllia gemmifera Klz.

häufig am oberen Rande der Riffe des Rothen Meeres.

Balticina finnmarkica Gray.

250 f.
456 m.

Bathelia

500 f.
914 m.

Bathyactis

50—3000 f.
91—5486 m.

Bathyactis symmetrica Mos.

225—252 f.
410—460 m.

Bathygorgia profunda

2300 f.
4206 m.

Bathycyathus elegans Stud.

115 f.
209 m.

Blastotrochus nutrix E. H.

6—10 f.
10—18 m.

Brachytrochus simplex Dunc.

12 f.
21 m.

Cacnopsammia aurea Q. G.

auf einer Perlmuschel NW. von Australien

3 f.
5 m.

Calamophora sp.

38 f.
69 m.

<i>Campanularia</i>	5—150 f. 9—273 m.
<i>Calyptrophora Josephinar</i> Lindstr.	110—117 f. 200—213 m.
<i>Caryophyllia</i>	1—1500 f. 1—2743 m.
<i>Caryophyllia cornuformis</i> Pourt.	237—248 f. 432—452 m.
<i>Caryophyllia clavus</i> Scacchi.	37—705 f. 67—1289 m.
<i>Caryophyllia cyathus</i> Forb.	5—90 f. 9—164 m.
<i>Caryophyllia Smithii</i> Forb. Hebriden	7 f. 12 m.
Zetland-Inseln	80 f. 146 m.
<i>Caulastraea distorta</i> Dana auf den Tongataburiffen.	
<i>Ceratocyathus prolifer</i> Pourt.	45 f. 82 m.
<i>Ceratotrochus</i>	300 f. 548 m.
<i>Cladocarpus</i>	775—900 f. 1417—1645 m.
<i>Cladocora</i>	1—50 f. 1—91 m.
<i>Coeloria arabica</i> Klz. sehr gemein in der Brandungszone, den Rand der Riffhöhlen am Rothen Meer umsäumend.	
<i>Coelosmilia fecunda</i> Pourt.	68—315 f. 124—575 m.
<i>Coenopsammia micranthus</i> Ehrb. meist auf abgestorbenen Stöcken derselben Art an den Seiten der Riffhöhlen im Rothen Meer.	
<i>Colangia immersa</i> Pourt.	† in 315 f. 575 m.
<i>Colpophyllia gyrosa</i> E. H. Seichtwasser.	

Conopora tenuis Mos.

520—650 f.
950—1188 m.

Conotrochus

300 f.
548 m.

Corallium rubrum L.

Mittelmeer (Süditalien, Ponza, Gaeta, Trapani, Corsika, Sardinien,
Strasse von Bonifazio, Algier, Bona, Oran), St. Jago, St. Vincent
4—150 f.
7—273 m.

Corallium Berberci Peys.

120 f.
218 m.

Coscinarca monile Forsk.

in der Nähe des Riffabhanges im Rothen Meer.

Cryptohelia pudica M. E. H.

390—1525 f.
712—2788 m.

Cryptohelia virginis Lind.

200—320 f.
365—584 m.

Cryptolaria

20—2600 f.
36—4754 m.

Cyathohelia axillaris Ell. Sol.

1—50 f.
1—91 m.

Cyathohelia

50—750 f.
91—1371 m.

Cyathotrochus

100—750 f.
182—1371 m.

Cycloseris cyclolites Lamk.

1—28 f.
1—51 m.

Cylicia cuticulata Klz.

häufig am Abhang der Riffe oder in Spalten am Rothen Meer.

Cynarina Savignyi Brügg.

im Rothen Meer.

Cyphastraca chalcidium Forsk.

häufig auf den Riffen bei Kasser.

Cyphastraca Brüggemanni Quelch

5 f.
9 m.

Deltocyathus

150—2250 f.
273—4114 m.

Deltocyathus Agassizii Pourt.

60—600 f.
109—1097 m.

<i>Deltocyathus orientalis</i> Dunc.	52 f. 95 m.
<i>Dendrogyra cylindrus</i> Ehrb. † am Strand.	
<i>Dendrophyllia</i>	1—750 f. 1—1371 m.
<i>Dendrophyllia Goezi</i> Lind.	40—150 f. 73—273 m.
<i>Dendrophyllia nigrescens</i> Dana bildet im Pazifik 1 m hohe schwarzgrüne Stöcke.	
<i>Desmophyllum</i>	1—1250 f. 1—2285 m.
<i>Desmophyllum Cailetti</i> Duch. Mich.	200—326 f. 365—595 m.
<i>Desmophyllum cristagalli</i> Verill.	1054—1060 f. 1926—1937 m.
<i>Desmoscyphus</i>	8—30 f. 14—54 m.
<i>Diaseris</i>	100—500 f. 182—914 m.
<i>Diaseris crispa</i> Pourt.	200—550 f. 365—1005 m.
<i>Diphasia</i>	450 f. 822 m.
<i>Diplocyathus</i>	8—12 f. 14—21 m.
<i>Diplohelix profunda</i> Pourt.	324—1050 f. 591—1919 m.
<i>Diploria cerebriformis</i> Dana häufig auf den Bermudas, wo sie bis 1 m Höhe erreicht.	
<i>Distichopora irregularis</i> Mos. auf den Philippinen	10 f. 18 m.
<i>Distichopora sulcata</i> Pourt. Cuba	270 f. 493 m.
<i>Distichopora foliacea</i> Pourt.	100—262 f. 182—478 m.

Distichopora violacea Pall.

im Rothen Meer nur am oberen Rande des Riffes in Klüften,
nie in der Tiefe.

Domoseris regularis Quelch

30—70 f.
54—128 m.

Duncania barbadensis Pourt.

40—300 f.
73—548 m.

Echinophyllia aspera Ell. Sol.

im Rothen Meer selten, in einer flachen Riffhöhle.

Echinopora Ehrenbergi M. E. H.

häufig auf den Riffen des Rothen Meeres, in Riffhöhlen.

Echinopora rosularia Lam.

1—6 f.
1—10 m.

Errina labiata Mos.

90—600 f.
164—1097 m.

Eudendrium

33—105 f.
60—191 m.

Euphyllia rugosa Dana

auf Riffen der Fidschiinseln und der Meermaidstrasse.

Eusmilia fastigiata E. H.

selten auf den Floridariffen.

Favia ananas Oken

nahe am Ebbespiegel.

Favia Ehrenbergi Klz.

im Brandungsgebiet auf den Riffen des Rothen Meeres.

Favia Okeni E. H.

1—7 f.
1—12 m.

Favia sp. Bass. Sm.

1—45 f.
1—82 m.

Flabellum

1—1500 f.
1—2743 m.

Flabellum irregulare Semp.

6—10 f.
10—18 m.

Flabellum latum Stud.

45 f.
82 m.

Flabellum Stokesi E. H.

1—40 f.
1—73 m.

Flabellum Goodri Ver.

219—487 f.
399—890 m.

Fungia

wird in der Bandasee 0,5 m gross, ist nur in der Jugend fixirt, löst sich später ab und liegt zwischen anderen Korallen auf sandigem oder felsigem Boden.

Fungia patella Ell. Sol.

häufig im Rothen Meer in der Tiefe des Korallenabhangs, seltener in Riffhöhlen.

Fungia scutaria Lam.

$\frac{1}{2}$ f.
1 m.

Fungia cyathus

300 f.
548 m.

Fungia symmetrica Pourt.

350—450 f.
639—822 m.

Funiculina quadrangularis Blainv.

20—350 f.
36—639 m.

Galaxea aequalis Bass. Sm.

1—6 f.
1—10 m.

Galaxea eburnea Pourt.

270 f.
493 m.

Galaxea fascicularis L.

häufig auf den Riffen der Bougainvilleinsel an der Basis von *Millepora* oder *Madrepora* oder auf abgestorbenen Flächen von *Astraea* oft bis an das Ebbeniveau reichend.

Goniastrea Bournoni E. H.

2 f.
3 m.

in den Stöcken wohnt *Cryptochirus coralliodytes*.

Goniastrea laxa Quelch

bildet die Riffe in Api.

Goniastrea favus Forsk.

häufig im Rothen Meer am Riffabhang.

Goniopora lichen Dana

im Rothen Meer in engen Spalten des Riffes nahe der Brandungszone.

Goniopora pedunculata Q. G.

2—3 m.

Grammaria

28—100 f.
51—182 m.

Guynia

100 f.
182 m.

Gyrosmlia interrupta Ehrb.

im Rothen Meer.

<i>Halecium</i>	10—110 f. 18—198 m.
<i>Halicornaria</i>	32 f. 58 m.
<i>Haloglossa pectinata</i> Ehrb. häufig im Rothen Meer in der Tiefe des Riffabhangs.	
<i>Halisiphonia</i>	2600 f. 4754 m.
<i>Haplophyllia paradoxa</i> Pourt. Florida	324 f. 591 m.
<i>Hebella</i>	9 f. 16 m.
<i>Helipora corruca</i> Bl. auf den Korallenriffen der Philippinen	0,5 m.
<i>Herpetolitha foliosa</i> Ehrb. Roths Meer.	
<i>Heterocyathus parasiticus</i> Semp.	6—20 f. 10—36 m.
<i>Heterocyathus philippinensis</i> Semp. wird oft von einem Wurm (<i>Sipunculide</i>) bewohnt	25 f. 45 m.
<i>Heteropora pelliculata</i> Wat. in der Strasse von Juan de Fuca.	
<i>Heteropsammia Michelini</i> stets von einem Wurm: <i>Aspidosiphon</i> bewohnt, nur auf reinem Sandboden	6—92 f. 10—168 m.
<i>Hydnophora microconus</i> Lam. im Rothen Meer häufig in der Brandungszone der Riffe	1—6 f. 1—10 m.
<i>Hydnophora rigida</i> Dana	1—6 f. 1—10 m.
<i>Hydractinia antarctica</i> Stud. an Florideenstengeln auf den Kerguelen.	
<i>Hydractinia calcarea</i> Cart. an der Guineaküste auf Murex.	
<i>Hydractinia echinata</i> Fl.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Hypanthea</i>	5—26 f. 9—47 m.

<i>Javania insignis</i> Dunc.	48 f. 87 m.
<i>Isophyllia erythraca</i> Klz. in grossen Stöcken am Korallenabhang	1—4 f. 1—7 m.
<i>Lafoëa</i>	450 f. 822 m.
<i>Lepidopora cochleata</i> Pourt.	270 f. 493 m.
<i>Leptastraca Bottai</i> M. E. H. nicht selten auf den umbrandeten Klippen der Riffe im Rothen Meer.	
<i>Leptastraca Ehrenbergana</i> (?) E. H.	1—7 f. 1—12 m.
<i>Leptocyathus</i> (?) <i>halianthus</i> Lind. auf Muschelschalen aufgewachsen	30 f. 54 m.
<i>Leptocyathus Stimpsoni</i> Pourt.	60—600 f. (?) 109—1097 m.
<i>Leptopenus</i>	1500—2250 f. 2743—4114 m.
<i>Leptoria phrygia</i> Ell. Sol.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Leptoseris striatus</i> M. S.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Lictorella</i>	8—130 f. 14—236 m.
<i>Lithophyllia lacrymalis</i> E. H.	1—44 f. 1—80 m.
<i>Lophohelia</i>	100—500 f. 182—914 m.
<i>Lophohelia tubulosa</i> Stud.	150 f. 273 m.
<i>Lophohelia prolifera</i> E. H.	195—315 (†) f. 355—575 m.
<i>Lytocarpus</i>	10—20 f. 18—36 m.
<i>Madracis asperula</i> E. H.	36—120 f. 65—218 m.

<i>Madracis decactis</i> Lyman	200—320 f. 365—584 m.
<i>Madrepora pocillifera</i> D.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Madrepora horrida</i> Dana	2 f. 3 m.
<i>Madrepora dendrum</i> B. S.	1—27 f. 1—49 m.
<i>Madrepora corymbosa</i> Lam.	1—9 f. 1—16 m.
Die meisten Madreporen wachsen im seichten Wasser der Brandung an der Aussenseite der Riffe.	
<i>Macandrina daedalea</i> Ell. Sol.	2—4 f. 3—7 m.
<i>Macandrina labyrinthiformis</i> Oken auf den Floridariffen wenig unter der Ebbegrenze.	
<i>Macandrina</i> sp. auf den Bahamabänken	16—20 f. 29—36 m.
<i>Manicina arcolata</i> Ehrb. häufig auf sandigen oder schlammigen seegrasbewachsenen Gründen innerhalb der Riffe von Florida	1—20 f. 1—36 m.
<i>Merulina ampliata</i> Sol.	2—3 m.
<i>Millepora alcicornis</i> Lam. auf Mauritius	15 f. 27 m.
<i>Millepora tortuosa</i> Dana ist auf Bougainville bei Ebbe ausser Wasser.	
<i>Millepora squarrosa</i> D. Paumotuarehipel	0,5 m.
<i>Millepora platyphylla</i> Ehrb. betheiligt sich im Rothen Meer wesentlich an der Riffbildung; bildet Wände am Riffabhang und in tiefen Höhlen.	
<i>Monocaulus</i>	900—1875 f. 1645—3428 m.
<i>Montipora capitata</i> Dana	1—40 f. 1—73 m.
<i>Montipora lima</i> (?) Lam.	1 m.

<i>Montipora porosa</i> B. S.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Montipora papillosa</i> Lam.	1—25 f. 1—45 m.
<i>Montipora stilosa</i> Ehrb. überzieht im Rothen Meer zuweilen Perlmuscheln.	
<i>Montipora tuberculosa</i> Lam. im Rothen Meer sehr fest angewachsen, auf den Riffen in der Brandungszone.	
<i>Mopsea arbuscula</i> Norm.	250—410 f. 456—749 m.
<i>Mopsea eburnea</i> Pourt.	517 f. 945 m.
<i>Moscleya latistellata</i> Quelch	8 f. 14 m.
<i>Mussa sinuosa</i> Lam.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Myccedium fragile</i> Dana	36—43 f. 65—78 m.
<i>Myccetophyllia Lamarckana</i> E. H.	1—5 f. 1—9 m.
<i>Neohelia</i>	50 f. 91 m.
<i>Obelia</i>	10—60 f. 18—109 m.
<i>Oculina</i>	1—50 f. 1—91 m.
<i>Oculina diffusa</i> Lam.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Oculina arbuscula</i> und <i>Oculina implicata</i> Ag. Ms. finden sich nicht in der Riffregion.	
<i>Odontocyathus</i>	400—500 f. 731—914 m.
<i>Orbicella cavernosa</i> Verr. kleine Stöcke wachsen in seichem Wasser auf Riffen, während grössere Massen tiefer gefunden werden	2—30 f. 3—54 m.

<i>Orbicella annuligera</i> E. H.	5—10 f. 9—18 m.
<i>Oxypora contorta</i> Queleh.	1—26 f. 1—47 m.
<i>Pachyseris leucollis</i> Dana	1—26 f. 1—47 m.
<i>Paracyathus</i>	1—750 f. 1—1371 m.
<i>Paracyathus confertus</i> Pourt.	36—248 f. 65—455 m.
<i>Paracyathus arcuatus</i> Lind.	50—112 f. 91—203 m.
<i>Paracyathus rotundus</i> Semp.	6—10 f. 10—18 m.
<i>Parasmilia Lymani</i> Pourt.	57—130 f. 104—236 m.
<i>Parasmilia fecunda</i> Pourt.	180—300 f. 328—548 m.
<i>Pavonia clivosa</i> Verr.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Pavonia papyracea</i> B. Sm.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Pavonia angularis</i> Klz. im Rothen Meer häufig in der <i>Stylophorazone</i> auf sehr lockerem Gestein aufsitzend.	
<i>Pennatula aculeata</i> Daniels.	100—1255 f. 182—2294 m.
<i>Perisiphonia</i>	150—700 f. 273—1280 m.
<i>Phyllangia papuensis</i> Stud.	48 f. 87 m.
<i>Phyllangia fuscomarginata</i> Klz. im Rothen Meer auf Steinen und Klüften am Riffabhang.	
<i>Phyllangia americana</i> E. H.	315 f. 575 m.

<i>Phyllastraea tubifex</i> Dana	1—26 f. 1—47 m.
<i>Phyllastraea Okeni</i> (?) E. H.	1—32 f. 1—58 m.
<i>Plesiastrea Urvillei</i> E. H.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Pleuracanthus</i>	50 f. 91 m.
<i>Pleurocorallium Johnsoni</i>	1725—2200 f. 3153—4023 m.
<i>Pliobothrus symmetricus</i> Pourt.	118—600 f. 214—1097 m.
<i>Pliobothrus tubulatus</i> Pourt.	270 f. 493 m.
<i>Plumularia</i>	10—310 f. 18—566 m.
<i>Pocillopora verrucosa</i> Ell. Sol.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Porites solida</i> Forsk. lebt frei im Riffsand auf Kamarene.	
<i>Porites lutea</i> Q. G.	1 m.
<i>Porites arenosa</i> Esp.	2—6 f. 3—10 m.
<i>Porites scabra</i> Lam.	17 f. 31 m.
<i>Porites lichen</i> Dana	1—40 f. 1—73 m.
<i>Porites saccharata</i> Brüggem. bildet in Ambon ein schmales Küstenriff.	
<i>Primnoa reseda</i> Quelch.	200—250 f. 365—456 m.
<i>Prionastraea spinosa</i> Kl.	1 m.
<i>Prionastraea obtusata</i> E. H.	1—2 f. 1—3 m.

<i>Psammocora Haimcana</i> B. S.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Psammocora planipora</i> (?) E. H.	1—32 f. 1—58 f.
<i>Rhizotrochus</i>	50—300 f. 91—548 m.
<i>Rhodaraca gracilis</i> E. H.	2 f. 3 m.
<i>Rhodaraca tenuidens</i> Quelch.	10 f. 18 m.
<i>Rhodaraca</i> (?) <i>Lagrenii</i> (?) E. H.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Rhodopsammia parallela</i> S.	10—50 f. 18—91 m.
<i>Rhodopsammia carinata</i> S.	30 f. 54 m.
<i>Sabinotrochus</i>	1000 f. 1828 m.
<i>Sagartia Schilleriana</i> Stol. im Brackwasser Indiens.	
<i>Scaphophyllia cylindrica</i> E. H.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Schizocyathus fissilis</i> Pourt.	200—790 f. 365—1444 m.
<i>Sclerohelia hirtella</i> Pallas.	90 f. 164 m.
<i>Sclerophyllia margariticola</i> Klz. Rothes Meer, Riffe.	
<i>Seriatopora imbricata</i> B. S.	1 m.
<i>Seriatopora armata</i> B. S.	1—7 f. 1—12 m.
<i>Seriatopora gracilis</i> Dana	1—20 f. 1—36 m.
Auf Mauritius bedeckt <i>Seriatopora</i> den Boden der Riffe in 27—36 m mit einem dichten Rasen.	

- Seriatopora hystrix* S.
enthält Gallen, in denen *Hapalocarcinus marsupialis* lebt.
- Seriatopora angulata* Klz.
lebt im Rothen Meer am Oberrand des Riffes unter dem tiefsten
Ebbespiegel.
- Sertularia*
9—600 f.
16—1097 m.
- Siderastraea* sp. B. S.
1—6 f.
1—10 m.
- Siderastraea galaxea* E. H.
ist auf den Floridariffen bei Ebbe gewöhnlich ausser Wasser,
ohne dass es den Thieren schadet.
- Siderastraea lilacea* Klz.
lebt bei Kasser in tiefen Riffhöhlen.
- Sideropora hystrix* Semp.
enthält Gallen, in denen *Hapalocarcinus marsupialis* lebt.
- Solenastraea excelsa* Pourt.
nicht häufig auf Floridariffen.
- Solenosmilia*
300—1000 f.
548—1828 m.
- Sphenotrochus*
1—150 f.
1—273 m.
- Sphenotrochus auritus* Pourt.
12 f.
21 m.
- Sphenotrochus intermedius* Münster
30—50 f.
54—91 m.
- Spinipora echinata*
an der Mündung des Rio della Plata
600 f.
1097 m.
- Sporadopora dichotoma* Mos.
an der Mündung des Rio della Plata
600 f.
1097 m.
- Stenocyathus vermiformis* Pourt.
125—320 f.
227—584 m.
- Stenohelia madoirensis* Kent.
50—70 f.
91—128 m.
- Stenohelia profunda*
450—600 f.
822—1097 m.
- Stephanophyllia complicata*
auf den Kiinseln
129 f.
235 m.

Stephanotrochus

400—1000 f.
731—1828 m.

Stylactis

900 f.
1645 m.

Stylarea punctata E. H.

im Rothen Meer Rinden auf *Pinna* bildend.

Stylaster gracilis E. H.

10—520 f.
18—950 m.

Stylaster punctatus Pourt.

9—315 f.
16—575 m.

Stylaster sanguineus E. H.

im Seichtwasser der Floridariffe.

Stylaster complanatus Pourt.

100—458 f.
182—837 m.

Stylaster densicaulis Mos.

Mündung des Rio della Plata

600 f.
1097 m.

Stylaster verrucosus Stud.

597 f.
1091 m.

Stylophora digitata Pallas.

1—7 f.
1—12 m.

Stylophora pistillata und*Stylophora palmata*

finden sich am Rothen Meer innerhalb des Riffes, dem Ufer am nächsten.

Stylophora Guentheri B. S.

1—32 f.
1—58 m.

Symphyllia radians B. S.

2 f.
3 m.

Symphyllia labyrinthica B. S.

5 f.
9 m.

Synaraca undulata Klz.

im Rothen Meer an tieferen Abhängen. Zwischen den Aesten und Lappen der Korallen sitzt häufig *Tridacna*.

Thecocyathus laevigatus Pourt.

100—315 f.
182—575 m.

Thecopsammia tintinnabulum Pourt.

120—154 f.
218—280 m.

Thecospsammia socialis Pourt.

195—363 f.
355—663 m.

Thuiaria

8—770 f.
14—1408 m.

Thyroscyphus

8—20 f.
14—36 m.

Trachyphyllia

enthält in Westindien *Cryptochirus coralliodytes* eingeschlossen.

Tridacophyllia cervicornis Mos.

1—50 f.
1—91 m.

Triopa lacer Løv.

40—100 f.
73—182 m.

Trochocyathus

100—750 f.
182—1371 m.

Trochocyathus philippinensis Semp.

15—30 f.
27—54 m.

Trochopsammia

750 f.
1371 m.

Trochoscria Stokesi E. H.

30—70 f.
54—128 m.

Turbinaria stellulata Blain.

5—10 f.
9—18 m.

Turbinaria conica Klz.

im Rothen Meer in tiefen Riffhöhlen.

Turbinolia rubra

in der Cookstrasse auf *Venus* aufgewachsen

25 f.
45 m.

Ulocyathus arcticus Sars.

60—150 f.
109—273 m.

Umbellula leptocaulis Köll.

2440 f.
4462 m.

Virgularia Ljungmannii Köll.

220 f.
401 m.

6. Crinoidea.

Bei der Ausarbeitung wurden benutzt:

- A. AGASSIZ, Calamocrinus Diomedae, Mem. Harv. College 1892, XVII, 2.
CARPENTER, Report on the Comatulæ, Challenger Rep. Zoology XXVI, 1.
CARPENTER, Report on the Stalked Crinoids, Challenger Rep. Zoology Vol XI, 11.
WALTHER, Untersuch. über den Bau der Crinoiden, Paläontogr. 1886.
und andere Abhandlungen, welche im Text citirt werden.

Die Crinoiden sind kugelige oder becherförmige Echinodermen, deren Körper von einem Kelch-Panzer regelmässig gestellter Kalkplatten umgeben wird. Derselbe sitzt auf einem runden oder fünfkantigen Stiel, der sich nach unten in eine Wurzel fortsetzt, während der Oberrand des Kelches die 5 oder 10, oft vielgabelten Arme trägt, welche mit Pinnulae besetzt sind.

Kelch und Arme haben verschiedene Funktionen und zeigen daher in ihrem Bau wesentliche Verschiedenheiten. Der Kelch umschliesst den Darmkanal, das zentrale Nervensystem und die mittleren Theile des Wassergefässsystemes. Um diese vital wichtigen Organe möglichst unabhängig zu machen von zufälligen Einflüssen der Aussenwelt, ist die Leibeswand des Kelches umgeben von einem Gerüste enggefügter Skelettelemente, welche ihm Festigkeit und den umschlossenen Organen Schutz gewähren.

Die Arme vermitteln den Verkehr des Thieres mit der Aussenwelt. Sie dienen als Sinnesorgane, nehmen die Nahrung auf, enthalten die Geschlechtsdrüsen und bei den im ausgewachsenen Zustande freilebenden *Antedon* fungiren sie als Bewegungsorgane. Infolgedessen sind sie mit leicht beweglichen Kalkstückchen gepanzert. Alle Crinoiden bewohnen das Meer, doch fand man *Antedon rosacea*¹⁾ mitten im Strom des Tejo zwischen Lissabon und Cazilhas, an einer Stelle, wo der Salzgehalt des Wassers nur 2,5 ‰ betrug.

Da die meisten lebenden Crinoiden in grösseren Tiefen leben, ist über ihre Lebensweise nur wenig bekannt und nur der sehr häufige *Antedon* kann biologisch etwas sorgfältiger beurtheilt werden.

1) GREFF, Zool. Anzeiger 1882, S. 115.

Antedon ist nur in der Jugend gestielt. Nachdem die freischwimmende Wimperlarve, in deren Innerem sich das Thier entwickelt, sich festgesetzt hat und etwa 8 mm hoch geworden ist, löst sich der Kelch mit den Armen vom Stiele los und lebt benthonisch.

Antedon lebt sehr gesellig. Auf der Secca di Benda Palummo bei Neapel bringt oft ein einziger Netzzug 30 Exemplare herauf. *Antedon Sarsii* wurde von VERILL¹⁾ aus 270 m Tiefe in über 10000 Stück mit einem Zuge erbeutet, und auf abgestorbenen Korallenstöcken im Rothen Meer sitzen bisweilen 5—10 *Antedon* mit ihren Cirrhen angeklammert.

*Antedon*²⁾ passt sich zwar ganz an die lichtereren Wasserschichten an, liebt aber nicht die direkten Sonnenstrahlen; wenn das Licht zu intensiv wird, rollen sich die Arme ein, um schliesslich abzufallen; Exemplare ohne Arme sterben rasch.

Für gewöhnlich sitzen sie ruhig auf einer *Melobesia* oder einer Felsenzacke, werden sie aber gereizt, so schwimmen sie in graziösen Bewegungen durch das Wasser, laufen auch wie Spinnen mit Hilfe ihrer Arme am Meeresboden hin.

Eine rasche Temperaturniedrigung schadet ihnen, und im Aquarium kann man dann beobachten, dass sie zu Boden fallen, ihre Arme verlieren und rasch sterben.

Die Arme brechen häufig in den Syzygialnähten durch, einzelne Arme werden durch Hervorsprossen bald wieder ergänzt.

Bei Neapel ist *Antedon* das ganze Jahr trüchtig zu finden, die Eireife scheint im Februar, April und Dezember zu erfolgen.

Antedon lebt von Plankonthieren und Pflanzen, welche in den Pinnulae vom Wimperstrom der Arminne ergriffen und dem Munde zugeführt werden. Im Darm beobachtet man Krebschen, Diatomeen, Algensporen. Im Darm von *Bathocrinus*, *Rhizocrinus*, *Pentacrinus* findet man Radiolarien und Foraminiferen. Nach dem Tode der Thiere zerfällt das Skelett rasch in die einzelnen Skelettelemente, so dass die Bedingungen für eine Erhaltung vollständiger Crinoiden sehr ungünstig sind.

Bemerkenswerth ist es, dass das Kalksediment, auf dem *Pentacrinus* im Golf von Mexiko in grosser Zahl gefunden wurde, relativ wenig Trochiten (Stielglieder) enthält.

Obwohl die eigentlichen gestielten Crinoiden in der Gegenwart meist in grösseren Tiefen gefunden werden, so ist doch bemerkenswerth, dass *Eudiocrinus* in 55 m, *Melocrinus* in 128 m, *Pentacrinus* in 153 m, *Promachocrinus* in 51 m und *Rhizocrinus* in 133 m erbeutet worden ist, und dass *Antedon* in sehr geringen Tiefen in ganzen Schaaren überall beobachtet wird.

Nächst dem *Capulus*³⁾, welcher parasitisch auf paläozoischen Crinoiden gelebt zu haben scheint, beansprucht die Gattung *Myzostomum* ein gewisses Interesse, weil ihre 67 Arten sämmtlich schmarotzend auf Crinoiden gefunden werden. Die systematische Stellung dieses Thieres ist noch unaufgeklärt. Man rechnet es zu den Spinnenthieren, doch

1) Sill. Americ. Journal 1882, I, S. 136.

2) PERRIER, Arch. d. Zool., Experim. II, S. 31.

3) LUDWIG-LEUNIS, Synopsis II, S. 621.

spricht ihre nur marine Lebensweise nicht zu Gunsten einer Abstammung von landbewohnenden Thieren. Der scheibenförmige ungegliederte Körper trägt am Vorderende einen röhrenförmigen Rüssel, auf der Bauchseite stehen 5 Paare ungegliederte, mit Haken versehene Beinstummel und jederseits 4 Saugnapfe. Manche Arten von *Myzostomum* erzeugen an den Crinoiden gallige Anschwellungen, in deren Innerem sie leben. Der Challenger ¹⁾ fand *Myzostomum* auf *Antedon*, *Actinometra*, *Pentacrinus*, *Bathycrinus*, *Metacrinus*, *Hyocrinus*.

Actinometra

ist auf Somerset in 15—22 m Tiefe sehr häufig. Auf ihr leben *Alpheus*, Isopoden, Ophiuriden, *Myzostomum*, Anneliden.

Actinometra lineata Carp.

7—40 f.
12—73 m.

Actinometra meridionalis Pourt.

7—262 f.
12—478 m.

Actinometra nobilis Carp.

10—18 f.
18—32 m.

Antedon

findet sich vom Seichtwasser bis in 5300 m Tiefe, wird aber von 360 m ab selten. Geographisch ist er verbreitet von 80° N. Br. bis 52° S. Br.

Antedon abyssicola Carp.

2600—2900 f.
4754—5303 m.

Antedon breviradia Carp.

630—1350 f.
1151—2468 m.

Antedon dentatum Ver.

85—258 f.
155—471 m.

Antedon microdiscus Bell.

6—12 f.
10—21 m.

Antedon Lovéni Bell.

3—4 f.
5—7 m.

Antedon Sarsii Ver.

52—82 f.
95—149 m.

Antedon rosacca L.

9—37 f.
16—67 m.

Antedon phalangium

70—200 m.

1) CHALLENGER, Narrative I, S. 317.

<i>Atelecrinus balanoides</i> Carp.	291—422 f. 531—771 m.
<i>Atelecrinus Wyvillii</i> Carp.	610 f. 1115 m.
<i>Bathycrinus Aldrichianus</i> W. Th.	1375—1600 f. 2514—2926 m.
<i>Bathycrinus Campbellianus</i> Carp.	1850 f. 3382 m.
<i>Bathycrinus Carpenteri</i> Dan. Kor.	1050—1495 f. 1919—2733 m.
<i>Bathycrinus gracilis</i> W. Th.	1280—2435 f. 2340—4453 m.
<i>Calamocrinus Diomedae</i> Ag.	392—782 f. 716—1429 m.
<i>Eudiocrinus indivisus</i> Semp.	30 f. 54 m.
<i>Eudiocrinus varians</i> Carp.	1050 f. 1919 m.
<i>Holopus</i> ist in 6 Exemplaren bekannt, welche alle aus dem Karaibischen Meere stammen. Ein jugendliches Stück wurde 180 m tief erbeutet.	
<i>Holopus rangi</i> d'O.	100—120 f. 182—218 m.
<i>Hyocrinus bethellianus</i> W. Th.	1600—2325 (?) f. 2926—4251 m.
<i>Metacrinus angulatus</i> Carp.	140 f. 255 m.
<i>Metacrinus costatus</i> Carp.	500 f. 914 m.
<i>Metacrinus interruptus</i> Carp.	95 f. 173 m.
<i>Metacrinus nodosus</i> Carp.	630 f. 1151 m.
<i>Metacrinus rotundus</i> Carp.	70 f. 128 m.

<i>Pentacrinus alternicirrus</i> Carp.	500—600 f. 914—1097 m.
<i>Pentacrinus asterius</i> L.	80—320 f. 146—584 m.
<i>Pentacrinus Blakei</i> Carp.	120—200 f. 218—365 m.
<i>Pentacrinus decorus</i> W. Th.	84—667 f. 153—1219 m.
<i>Pentacrinus Maclearanus</i> W. Th.	350 f. 639 m.
<i>Pentacrinus mollis</i> Carp.	565 f. 1032 m.
<i>Pentacrinus Mülleri</i> Oerst.	84—531 f. 153—970 m.
<i>Pentacrinus Naresianus</i> Carp.	500—1350 f. 914—2468 m.
<i>Pentacrinus Wyville-Thomsoni</i> Jeffr.	740—1095 f. 1353—2001 m.
<i>Promachocrinus abyssorum</i> Carp.	1600—1800 f. 2926—3291 m.
<i>Promachocrinus Kerguelensis</i> Carp.	28—120 f. 51—218 m.
<i>Rhizocrinus</i> sp.	2021 f. 3695 m.
<i>Rhizocrinus Lofotensis</i> Sars.	80—1900 (?) f. 146—3474 m.
<i>Rhizocrinus Raresoni</i> Pourt.	73—1280 f. 133—2340 m.
<i>Thumatocrinus renovatus</i> Carp.	1800 f. 3291 m.

7. Asteroidea.

Bei der Ausarbeitung wurden folgende Abhandlungen benutzt:

FORBES, The infralitoral distribution of Marine Invertebrata, Rep. Brit. Ass. 1856.

LORENZ, Sitzungsber. Wiener Acad. 1860, Febr., S. 673.

MOEBIUS & BUETSCHLI, Zoologische Ergebnisse der Nordseefahrt 1872. Echinodermen.

SLADEN, Rep. of the Asteroidea dredged by H. M. S. Challenger, Rep. Zoology, Vol XXX.

und andere Aufsätze.

Der Körper der Seesterne besteht in der Regel aus einem fünfarmigen Stern, seltener aus einer fünfeckigen Platte. Während bei den eigentlichen Asteriden der Mittelkörper von den Armen nicht scharf zu trennen ist, indem sowohl Darmfortsätze wie Geschlechtsdrüsen in die letzteren hineindringen, setzen sich bei den Ophiuriden die Arme scharf von dem scheibenförmigen Körper ab. Die Ambulacralfüßchen, welche als Bewegungsorgane dienen, treten auf der Bauchseite der Arme heraus.

Mit wenigen Ausnahmen sind alle Seesterne getrenntgeschlechtlich. Die Jungen sind meist planktonisch, entwickeln sich aber in manchen Fällen im Innern des Mutterthieres oder in besonderen Bruttaschen.

Durch Theilung können sich manche Formen ungeschlechtlich vermehren, besonders manche Asteriden sind in dieser Hinsicht berühmt. LÜETKEN¹⁾ beobachtete es bei *Linckia*, *Ophioderma*, *Ophiactis*, *Asterias* und *Ophidiaster*. Die Asteriden sind sehr träge Thiere, während viele Ophiuriden sehr lebhafte Bewegungen ausführen und mit ihren rasch gebogenen Armen am Meeresboden kriechen können. Ja *Ophioperteron elegans* besitzt Flossenanhänge²⁾, mit Hilfe deren sie wahrscheinlich schwimmen kann.

Die Ophiuriden³⁾ bewohnen alle Meere und finden sich auf sandigen Boden gewöhnlich zu Tausenden. Die Asteriden sind nicht so gesellige Thiere, kommen aber auch überall vor.

1) LÜETKEN, Ann. Mag. Nat. Hist., 4 S., XII, S. 323.

2) LUDWIG, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1889, S. 494.

3) CHRISTO-APOSTOLIDES, Arch. de Zool. Expérimentale X, S. 127.

Nur während ihres Larvenlebens¹⁾ scheinen sie zahlreichen Feinden zur Nahrung zu dienen, während die erwachsenen Individuen wegen ihrer reich entwickelten Stacheln für die meisten Raubthiere unangreifbar sind. Nur selten findet man Bruchstücke derselben im Magen von *Trigla Mugil*, Raubkrebse und Mollusken. Damit mag es wohl auch zusammenhängen, dass bei ihnen Mimikryfärbung so selten ist.

Die Seesterne sind aber selbst sehr gefräßige Raubthiere, welche sich meist von Würmern, Krebsen, Mollusken nähren. Oft sieht man Asteriden, welche in ihrem Magen eine halbverdaute Beute enthalten, nur mit dem aufgetriebenen Mittelstück aus dem Sande ragen, während der übrige Körper im Sediment vergraben ist.

<i>Amphipholis elegans</i>	8—33 f. 14—60 m.
<i>Amphiura Chiojei</i> Forb.	1—180 f. 1—338 m.
<i>Amphiura squamata</i> Sars	1—300 f. 1—548 m.
<i>Archaster</i>	20—1608 f. 36—2940 m.
<i>Archaster Andromedae</i> M. T.	115 f. 210 m.
<i>Archaster Bairdii</i> Ver.	388 f. 708 m.
<i>Archaster robustus</i> Ver.	924—1467 f. 1688—2682 m.
<i>Asteracanthion glacialis</i> L.	1—66 f. 1—102 m.
<i>Asteracanthion profundus</i>	45—75 f. 82—137 m.
<i>Asterias</i>	1—800 f. 1—1463 m.
<i>Asterias aranciaca</i>	1—20 f. 1—36 m.
<i>Asterias vulgaris</i> Ver.	1—208 f. 1—380 m.

1) GRAEFFE, Seethierfauna des Golfes von Triest.

<i>Asterias littoralis</i> St.	8—30 f. 14—54 m.
<i>Asterias stellionura</i> Perr.	88—92 f. 160—168 m.
<i>Asterina</i>	1—140 f. 1—255 m.
<i>Asterina borealis</i> Ver.	110 f. 200 m.
<i>Asteriscus ciliatus</i>	2—10 f. 3—18 m.
<i>Asteriscus palmipes</i>	20—45 f. 36—82 m.
<i>Astrogonium</i>	189—317 f. 344—579 m.
<i>Astrogonium granulare</i> Müll.	2—106 f. 3—192 m.
<i>Astropecten</i>	2—450 f. 3—822 m.
<i>Astropecten aurantiacus</i> L.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Astropecten Mülleri</i> M. T.	19—69 f. 34—126 m.
<i>Astrophiura</i> im Seichtwasser.	
<i>Athenea</i>	1—6 f. 1—10 m.
<i>Athenoides</i>	85—151 f. 155—274 m.
<i>Bathybiaster</i>	75—1215 f. 137—2221 m.
<i>Benthopecten</i>	855—1917 f. 1563—3505 m.
<i>Blakiaster</i>	92—175 f. 168—319 m.

<i>Brisinga</i>	220—2600 f. 401—4754 m.
<i>Brisinga americana</i> Ver.	175 f. 319 m.
<i>auf Paragorgia arborea.</i>	
<i>Brisinga coronata</i> Sars	500 f. 914 m.
<i>Brisingaster</i>	60 f. 109 m.
<i>Calliaster</i>	5—18 f. 9—32 m.
<i>Chartaster</i>	30—450 f. 54—822 m.
<i>Cheiraster</i>	195—550 f. 355—1005 m.
<i>Chitonaster</i>	1975 f. 3611 m.
<i>Cnemidiaster</i>	800 f. 1463 m.
<i>Colpaster</i>	1525 f. 2788 m.
<i>Craspidaster</i>	10—20 f. 18—36 m.
<i>Crenaster</i>	437—1092 f. 798—1996 m.
<i>Cribrella</i>	1—1350 f. 1—2468 m.
<i>Cribrella oculata</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Cribrella saguinolenta</i> Lützk.	1—115 f. 1—209 m.
<i>Crossaster</i>	1—640 f. 1—1170 m.
<i>Ctenodiscus</i>	40—1325 f. 73—2422 m.

<i>Ctenodiscus crispatus</i>	30—220 f. 54—401 m.
<i>Culcita</i>	10 f. 18 m.
<i>Cycethra</i>	12—55 f. 20—100 m.
<i>Dytaster</i>	800—2050 f. 1463—3748 m.
<i>Echinarachnius parma</i>	3 f. 5 m.
<i>Echinaster</i>	7—309 f. 12—564 m.
<i>Echinaster sepositus</i> M. Tr.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Freyella</i>	175—2733 f. 319—4997 m.
<i>Ganeria</i>	55 f. 100 m.
<i>Gnathaster</i>	5—150 f. 9—273 m.
<i>Goniaster Templetoni</i>	20—30 f. 36—54 m.
<i>Goniodiscus</i>	1—180 f. 1—328 m.
<i>Goniopecten</i>	355—1930 f. 648—3528 m.
<i>Gymnobrisinga</i>	115 f. 209 m.
<i>Hippasteria</i>	30—150 f. 54—273 m.
<i>Hoplaster</i>	1261 f. 2305 m.
<i>Hydrasterias</i>	1250 f. 2285 m.

<i>Hymenaster</i>	565—2900 f. 1032—5303 m.
<i>Hymenodiscus</i>	391—450 f. 714—822 m.
<i>Hyphaster</i>	1637—2750 f. 2993—5028 m.
<i>Iconaster</i>	7 f. 12 m.
<i>Ilyaster</i>	498 f. 910 m.
<i>Korethraster</i>	56—670 f. 102—1225 m.
<i>Lasiaster</i>	107—542 f. 194—990 m.
<i>Leptogonaster</i>	100—115 f. 182—209 m.
<i>Leptoptychaster</i>	20—1350 f. 36—2488 m.
<i>Linckia</i>	7—36 f. 12—65 m.
<i>Lonchotaster</i>	1950—2400 f. 3565—4389 m.
<i>Lophaster</i>	40—1325 f. 73—2422 m.
<i>Luidia</i>	1—374 f. 1—683 m.
<i>Luidia fragilissima</i> F.	7—30 f. 12—54 m.
<i>Luidia Savignyi</i> Aud.	26—50 f. 47—91 m.
<i>Luidiaster</i>	130 f. 236 m.
<i>Marginaster</i>	52—1360 f. 95—2488 m.

<i>Marsipaster</i>	2160—2335 f. 3949—4270 m.
<i>Mimaster</i>	245—1325 f. 447—2422 m.
<i>Nardoa</i>	10—40 f. 18—73 m.
<i>Nectria</i>	30—40 f. 54—73 m.
<i>Nepanthia</i>	1—400 f. 1—731 m.
<i>Neomorphaster</i>	900—1000 f. 1645—1828 m.
<i>Nymphaster</i>	28—1525 f. 51—2788 m.
<i>Odinia</i>	440—784 f. 804—1433 m.
<i>Odontaster</i>	56—487 f. 102—890 m.
<i>Odontaster hispidus</i> Ver.	64—487 f. 117—890 m.
<i>Ophiacantha anomala</i> Sars.	112 f. 203 m.
<i>Ophiacantha setosa</i> M. Tr.	40—60 f. 73—109 m.
<i>Ophiacantha spinulosa</i> M. T.	220 f. 401 m.
<i>Ophiacantha stimulea</i>	1740 m.
<i>Ophiactis flexuosa</i> Stud.	275—1098 m.
<i>Ophidiaster</i>	5—450 f. 9—822 m.
<i>Ophiocnida hispida</i>	33 f. 60 m.
<i>Ophiocoma nigra</i> M. Tr.	7—90 f. 12—164 m.

<i>Ophiocoma rosula</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Ophioderma lacertosa</i> Lam.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Ophioderma longicauda</i> M. T.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Ophioglypha robusta</i>	8—33 f. 14—60 m.
<i>Ophioglypha albida</i> F.	1—93 f. 1—170 m.
<i>Ophioglypha aurantiaca</i> Ver.	192—310 f. 350—566 m.
<i>Ophioglypha Sarsii</i>	45—182 f. 82—311 m.
<i>Ophiolepis ciliata</i> M. Tr.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Ophiomyxa pentagona</i> M. T.	1—70 f. 1—128 m.
<i>Ophiomyxa flaccida</i>	1—320 m.
<i>Ophiopholis</i>	1—400 f. 1—731 m.
<i>Ophiopsila aranca</i> Forb.	15—40 f. 27—73 m.
<i>Ophioscolex glacialis</i> M. T.	106—294 f. 192—536 m.
<i>Ophiothrix fragilis</i>	2—75 f. 3—137 m.
<i>Ophiothrix rosula</i> Forb.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Ophiotrix Petersi</i>	274 m.
<i>Ophiura albida</i>	5—50 f. 9—91 m.
<i>Palmipcs</i>	20—150 f. 36—273 m.

<i>Palmipes cartilagineus</i> F.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Paragonaster</i>	140—1850 f. 255—3382 m.
<i>Pararchaster</i>	425—1900 f. 776—3474 m.
<i>Pectinaster</i>	652—2731 f. 1192—4993 m.
<i>Pectinura semicincta</i> Stud.	69 m.
<i>Pectinura vertila</i> Forb.	100 f. 182 m.
<i>Pedicellaster</i>	14—1808 f. 25—3305 m.
<i>Pentaceros</i>	4—28 f. 7—51 m.
<i>Pentacta frondosa</i>	8—30 f. 14—54 m.
<i>Pentagonaster</i>	3—1500 f. 5—2738 m.
<i>Peribolaster</i>	45 f. 82 m.
<i>Pholidaster</i>	100—140 f. 182—255 m.
<i>Phoxaster</i>	1240—1700 f. 2267—3108 m.
<i>Plutonaster</i>	50—1680 f. 91—3092 m.
<i>Pontaster</i>	85—2650 f. 155—4845 m.
<i>Porania</i>	15—1600 f. 27—2926 m.
<i>Poraniomorpha</i>	122—250 f. 222—456 m.

<i>Porcellanaster</i>	800—2550 f. 1463—4662 m.
<i>Pseudarchaster</i>	85—1000 f. 155—1828 m.
<i>Pseudaster</i>	2219 f. 4057 m.
<i>Psilaster</i>	40—1875 f. 73—3428 m.
<i>Pteraster</i>	28—2021 f. 51—3695 m.
<i>Pteraster militaris</i> Müll.	8—106 f. 14—192 m.
<i>Retaster</i>	6—640 f. 10—1170 m.
<i>Rhegaster</i>	5—658 f. 9—1203 m.
<i>Rhipidaster</i>	28 f. 51 m.
<i>Schizaster fragilis</i> Ag.	64—258 f. 117—471 m.
<i>Schizaster canaliferus</i> Ag.	65—150 f. 118—273 m.
<i>Solaster</i>	1—345 f. 1—630 m.
<i>Solaster papposus</i> M. Tr.	1—32 f. 1—58 m.
<i>Solaster endeca</i>	1—90 f. 1—164 m.
<i>Solaster Earllii</i> Ver.	200—250 f. 365—456 m.
<i>Stegnaster</i>	101 f. 183 m.
<i>Stellaster</i>	4—60 f. 7—109 m.

Stephanasterias albula V.33 f.
60 m.*Stichaster*2—782 f.
3—1429 m.*Styracaster*1637—2350 f.
2993—4297 m.*Tarsaster*150 f.
273 m.*Thoracaster*2400 f.
4389 m.*Thyone scabra* Ver.51—435 f.
93—795 m.*Tremaster*150—250 f.
273—456 m.*Tylaster*416—1200 f.
760—2194 m.*Uraster glacialis*

1 m.

*Uraster rubens*1—30 f.
1—54 m.*Zoroaster*38—2326 f.
69—4253 m.

8. Echinoidea.

Bei der Ausarbeitung wurden folgende Abhandlungen benutzt:

- A. AGASSIZ, Revision of the Echini, Cambridge 1872—74.
A. AGASSIZ & POURTALES, Zoological Results of the Hassler Expedition I, 1874.
A. AGASSIZ, Rep. on the Echinoidea dredged by H. M. S. Challenger, Rep. Zool., Vol. III.
DOEDERLEIN, Seeigel von Japan, Archiv f. Naturg. 1885, S. 73.
FORBES, Infralitoral distribution of Marine Invertebrata of the Coasts of Great Britain. Rep. Brit. Ass. 1850.
HELLER, Zoophyten und Echinodermen des Adriatischen Meeres, 1868.
LOBIANCO, Notizie biologiche, Mitth. Zool. Stat. Neapel, VIII, 3.
LUDWIG, Echinodermen des Behringsmeeres, Zool. Jahrb. 1886, S. 275.
STUDER, Echinodermen der Gazellenexpedition, Sitzungsber. Berlin. Akademie der Wissensch. 1880, S. 861.
THOMSON, Echinoidea of the Procupine Expedition, Philos. Trans. 1874, S. 71.
und andere Abhandlungen.

Die Seeigel sind Meeresbewohner; sie besitzen einen kugeligen, herzförmigen oder platten Körper, welcher aus festgefügtten Kalkplatten zusammengesetzt ist. Im Inneren der Schale sind die Organe der Ernährung, Athmung, Fortpflanzung, des Ambulacralsystems und des Nervensystems gelegen, während die Oberfläche der Schale mit kalkigen Stacheln bedeckt ist. Die regulären Seeigel haben einen fünfstrahligen regelmässig radialen Bau, während bei den irregulären Seeigeln ein Radius als vorderer ausgeprägt ist und die vier anderen Radien bilateralsymmetrisch angeordnet sind.

Die Jungen von *Hemiaster cavernosus* sind regulär, die ausgewachsenen Stadien aber irregulär; und auch das geologische Auftreten der Seeigel beweist, dass die bilateralen Formen aus radialen Formen entstanden sind.

Manche Seeigel zeichnen sich durch eine erstaunliche Unregelmässigkeit im Schalenbau aus. *Cidaris coronatus* ist vierstrahlig, *Galerites albogalerus* ist sechsstrahlig beobachtet¹⁾ worden, *Echinus*

1) v. MEYER, Nova Acta Leopold. 36, S. 287.

melo kommt¹⁾ auch vierstrahlig und von bilateralsymmetrischem Baue vor. *Amblypneustes* ist nach HAACKE ungemein variabel.

Bei den Spatangiden beobachtet man²⁾, dass jugendliche Exemplare während ihres Wachstumes grosse Veränderungen ihrer Körperform erleiden. Der hintere Theil der Schale ist besonders veränderlich, ebenso die Lage des Afters. Der Mund ist noch nicht labial, die subanal und analen Somiten sind grossen Modifikationen unterworfen, und nur, die beständigen lateralen Somiten sind von systematischem Werth.

Die Stacheln sind auf der Schalenoberfläche auf grösseren und kleineren Warzen gelenkig aufgesetzt, und zwischen den Stacheln treten die langen Schläuche der Ambulacralfüsschen hervor. Die Seeigel sind wahre Bergsteiger und je länger die Stacheln, desto grösser ihre Beweglichkeit. Die Stacheln dienen als Stelzen, die Ambulacralfüsse als Bewegungsorgane.

Zwischen den Stacheln findet man oft kleine Greiforgane, besonders in der Umgebung des Mundes: die Pedicellarien. Sie sind³⁾ modifizierte Stacheln, welche je nach ihrer Stellung die Funktion von Gassenfegern oder von Lieferanten versehen.

Die Stacheln von *Spatangus purpurus* sind zu gewissen Jahren ganz mit parasitischen *Montacuta substriata* besetzt, die sonst fehlen. Auch Spongien, *Balanus*, *Serpula*, Austern, findet man gelegentlich auf den Stacheln angewachsen.

Manche Seeigel⁴⁾ bohren sich im Gebiet der Elbbezone Löcher in die Felsen, wobei ihnen jedenfalls die Stacheln ganz besondere Dienste leisten. An der Küste von Südkalifornien bei S. Pedro sind die Sandsteinfelsen ganz durchlöchert von Hunderten von *Strongylocentrotus purpurus*. Gewöhnlich findet man sie in kesselförmigen Vertiefungen im Ebbenniveau; Florideenrasen wachsen dazwischen. Auf St. Vincent bohren Seeigel im Kalkfelsen⁵⁾, *Echinometra subangularis* bohrt auf Ascension und Porto Praya in dichter Augitlava und in jedem Loeh sitzt zugleich ein Exemplar von *Blennophis*. In der Bai von Croisic bei Poulinguen bohrt *Echinus lividus*⁶⁾ im festen Granit.

Der Mund befindet sich auf der Unterseite der Schale; bei den Regulares in der Mitte, aber bei den Irregulares oft nach vorn gerückt. Ein kräftiger Kanapparat mit 5 scharfen Zähnen erleichtert die räuberische Lebensweise der Seeigel. Der Darm windet sich an der Innenwand der Schale und mündet auf der Oberseite oder Hinterseite in den After. *Echinometra lucunter* bohrt mit seinen Zähnen auf den Anachoreten im Felsen $\frac{1}{2}$ —1 m lange gewundene Gänge.

Die Seeigel⁷⁾ sind arge Raubthiere. Sie bedecken sich gern mit Algen, Steinchen, Muschelschalen, um unter dieser Maske heranschleichend, viel beweglichere Thiere, wie kleine Fische, Krebse, durch Ueberraschung

1) PHILIPPI, Archiv f. Naturgesch. 1837, S. 241.

2) KOLLMANN, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1876, S. 3.

3) AGASSIZ, Archiv f. Naturgesch. 1870, S. 146.

4) Ann. Scienc. Nat. Zoologie 5. Serie, 1864, S. 321.

5) BURMEISTER, Zeitschr. f. Allg. Erdkunde 1862, S. 119.

6) VALENCIENNES, Compt. Rend. XLII, S. 755.

7) GRAEFFE, Seethierfauna des Golfes von Triest.

in Winkel einzuschliessen und zu erbeuten. Uebrigens begnügen sie sich auch mit den Leichen anderer Seethiere. Im Darm¹⁾ von *Colobocentrotus astratus* fand man Diatomeen, Fadenalgen und Kalksand. Der Darm riffbewohnender Seeigel ist oft voll Foraminiferen.

Die Echinoiden sind getrennt geschlechtlich. Neben dem Darm befinden sich im Hohlraum der Schale die Geschlechtsdrüsen, welche durch die auf den 5 interradialen Genitalplatten gelegenen Poren nach aussen entleert werden.

Bei den Echiniden mit Brutpflege findet man einen ausgesprochenen Geschlechtsdimorphismus²⁾. So ist bei *Cidaris membranifera* das Weibchen platter, bei *Hemiaster cavernosus* ist das Weibchen gewölbter. Nach den Beobachtungen von W. THOMSON, bildet *Cidaris nutrix* ein Zelt von Stacheln über dem Mund, in welchem sich die befruchteten Eier entwickeln. *Goniocidaris canaliculata* bildet ein ähnliches Zelt am Anus.

Zur Zeit der Geschlechtsreife versammeln sich die Echiniden bei Triest³⁾. Man findet im Frühjahr *Strongylocentrotus* zu ganzen Schaaren vereinigt, während es in anderen Jahreszeiten schwierig ist, auch nur ein Exemplar zu finden.

Die Larven (*Pluteus*) sind planktonisch und werden durch Meeresströmungen weit verschleppt, so dass sich immer aufs neue andere Ansiedelungspunkte ergeben. *Sphaerechinus granularis*⁴⁾ und *Strongylocentrotus lividus* scheinen bei Neapel das ganze Jahr hindurch zu laichen, und die Larven des ersteren halten sich in reinem Wasser 25–30 Tage lang.

Auch die jungen Seeigel scheinen gesellig zu leben. Bei Monrovia kam aus 18 m Tiefe das Netz ganz erfüllt mit *Rotula augusti* herauf.

Seeigel findet man in allen Meerestiefen, und fast immer trifft man sie gesellig lebend. Die Clypeastriden⁵⁾ ziehen ruhigen Sandboden vor, in dem sie sich eingraben, andere bewohnen schlammigen Boden. Auf den Korallenriffen bei Tor lebt *Echinometra lucunter* in der Stylophorazone zu Tausenden, und die dunklen Seeigel heben sich scharf von dem weissen Kalksand ab. Andere Seeigel sitzen zwischen den Korallen in Höhlungen und Spalten, *Diadema Savignyi* ist dabei durch nadeldünne lange Stacheln gegen alle Feinde gut geschützt, denn die Stacheln bohren sich in das Fleisch, brechen ab und erzeugen schmerzhaft Entzündung. *Cidaris mclularia* Lam.⁶⁾ sitzt auf *Millepora* der Japanischen Riffe und ahmt in Farbe und Gestalt so vollkommen das Geäst der Milleporiden nach, dass man sie kaum erkennen kann.

Im Allgemeinen scheinen die Seeigel wenig Feinde zu haben, denn ihre Stacheln machen sie unangreifbar, doch dienen sie manchen Raubfischen mit kräftigem Gebiss als Nahrung.

Dagegen werden absterbende Seeigel rasch zerstückelt durch Fäulnisbakterien, Krebse und Raubfische.

1) MOEBIUS, Mauritius S. 49.

2) STUDER, Zool. Anzeiger 1880, S. 544.

3) GRAEFFE, Seethierfauna des Golfes von Triest.

4) S. LOBIANCO, Notizie biologiche S. 397.

5) AGASSIZ, Revision of the Echini I, S. 706.

6) DOEDERLEIN, Archiv f. Naturgesch. 1885, S. 75.

Bei den Spatangiden¹⁾ liegt unter der Schale oberhalb des Periproktes in der Mittellinie des anapikalen Abschnittes des unpaaren Interradius ein Muskelstreifen, welcher eine leichtere Zerstörbarkeit der Schale an dieser Stelle bedingt.

Die Schale²⁾ der Echinoiden besteht aus zwanzig Plattenreihen, welche fest miteinander verbunden sind, und durch den gewölbeartigen Verband bei geringer Wanddicke eine hohe Festigkeit besitzen. Die Aussenfläche dieser Schale ist vollkommen überzogen mit einer sehr dünnen Haut, auf welcher durch feinste Muskeln alle Stacheln befestigt sind. Die Kontraktionen dieser Aussenhaut bewegen die Stacheln auf ihren undurchbohrten Warzen. Die Stacheln, welche den durchbohrten Warzen entsprechen, sind durch einen besonderen kräftigen Muskel befestigt, welcher aber auch nicht mit dem Innenkörper des Thieres zusammenhängt, da die Täfelchen nicht vollständig durchbohrt sind.

Nach dem Tode des Thieres fallen zuerst durch Verwesung der Muskeln die Stacheln ab, welche zu schwer sind, um durch die Oberflächenhaut allein gehalten zu werden. Solches findet besonders bei den Cidariden statt, welche Stacheln auf durchbohrten Warzen haben. Die einfacheren Stacheln, welche durch die Haut gehalten wurden, fallen schliesslich auch ab, durch die Zersetzung oder mechanische Entfernung derselben. So bleibt jetzt die wohlerhaltene eigentliche Schale übrig. Ausser den zwanzig Plattenreihen persistiren noch die kleineren Täfelchen der Mund- und Afterlücke und die Stützen im Innern der Schale.

Die Schale besitzt eine feinspongiöse Struktur und besteht aus kohlensaurem Kalk in Verbindung mit organischer Substanz, welche in den Mundtäfelchen, Analplatten, und Stützleisten am reichsten zu sein scheint.

Infolgedessen verschwinden später durch Verwesung der organischen Materie diese Theile. Die spongiöse Struktur der eigentlichen Schale geht ebenfalls verloren, und die Kalkschale erhält eine späthige Struktur. Die Dicke und das Gewicht der Schale wird dabei erheblich vermehrt.

Die Umlagerung der Kalkspathmolekel erfolgt so langsam, dass die feinsten Skulpturen auf der Oberfläche der Schale vollkommen erhalten bleiben. Jeder Stachel, jede Kalktafel entspricht einem Krystall, und die grossen Krystalle entsprechen den Interambulacralia, die kleinen den Ambulacralplatten.

Die zellige Struktur³⁾ der Echinodermenskelette scheint der Grund zu sein, dass man ihre Reste in Tiefseesedimenten nicht findet. Nur die Echinidenstacheln sind überall verbreitet, und man wird selten eine Probe von Globigerinenschlick oder Pteropodenschlick vergeblich nach ihnen durchsuchen.

Die Querschnitte der Seeigelstacheln zeigen eine für die verschiedenen Gattungen sehr charakteristische Struktur, so dass es leicht ist, nach dem Querschliff die Gattung zu bestimmen.

1) LUDWIG, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1877, S. 84.

2) D'ARCHIAC, Bull. Soc. France 1841, S. 143.

3) MURRAY & RENARD, Challenger, Deep Sea Deposits, S. 265.

Die heutigen Seeigelgattungen vertheilen sich nach AGASSIZ¹⁾ in vier grosse Reiche.

Das Amerikanische Reich umfasst die beiden Küsten von Nord- und Südamerika und wird charakterisirt durch *Echinarachnius*, *Arbacia*, *Encope*, *Mellita*, *Hemiaster*. Die Arten reichen bis zum Mittelmeer und der Westküste von Afrika, wo sie sich mischen mit den Bewohnern des polaren Nordatlantischen Reiches: *Echinus*, *Sphaerechinus*, *Schizaster*, *Strongylocentrotus*, *Dorocidar*, *Spatangus*, *Echinocyamus*, *Echinocardium*. Verbunden durch *Echinocardium* und *Strongylocentrotus* ist damit das Indopazifische Reich. Es umfasst die Gattungen: *Phyllacanthus*, *Colobocentrotus*, *Heterocentrotus*, *Parasalenia*, *Fibularia*, *Echinostrephus*, *Laganum*, *Maretia*. Mit dem Amerikanischen Reich hat dieses gemeinsam: *Clypeaster*, *Echinanthus*, *Metalia*, *Cidaris*, *Diadema*, *Echinometra*. Das australisch-antarktische Reich ist charakterisirt durch *Goniocidar*, *Centrostephanus*, *Salmacis*, *Amblypneustes*; durch *Centrostephanus* und *Brynnia* ist es mit dem indopazifischen Reich, durch *Strongylocentrotus* und *Echinocardium* mit dem polaren nordatlantischen Reich verknüpft.

Innerhalb dieser Reiche lassen sich eine Anzahl von Distrikten unterscheiden, von denen AGASSIZ folgende nennt:

1) Der nordpazifische Distrikt umfasst die nordischen Küstengebiete des Pazifik vom Ochotskischen Meer bis nach dem Golf von Georgia, einige Arten gehen bis San Diego. *Echinarachnius excentricus* wird an der asiatischen und amerikanischen Seite gefunden, in denselben Lokalitäten wie der circumpolare *Strongylocentrotus Dröbachiensis*. Mit *E. excentricus* zusammen findet sich die boreal-amerikanische Art *E. parma*.

2) Der kalifornische Distrikt reicht vom Golf von Georgia bis nach den Inseln des Sta. Barakanals. Bezeichnend sind *Strongylocentrotus franciscanus* und *S. purpuratus*. Die südliche Grenze dieser Fauna geht in den nördlichen Theil des

3) panamischen Distriktes über, welcher bis nach Nordperu herabreicht. Wie die japanische und chinesische Fauna ist die Fauna hier gemischt aus Vertretern der benachbarten Distrikte. Die eigentlichen panamischen Formen sind meist Glieder der westindischen Fauna.

4) Der peruvianische Distrikt reicht vom nördlichen Ecuador bis zu den südlichen Grenzen von Chili und umfasst wahrscheinlich auch die Galapagos. Hier erreichen die *Arbaciadae* ihre reichste Entfaltung.

5) Der patagonische Distrikt umfasst die beiden Küsten Südamerikas.

Er besitzt eine gesonderte Fauna, die viele Aehnlichkeit mit der norwegischen Fauna hat:

<i>Echinus margaritaceus</i>	<i>Echinus norvegicus</i>
<i>E. magellanicus</i>	<i>E. miliaris</i>
<i>Goniocidar</i> <i>canaliculata</i>	<i>Dorocidar</i> <i>papillata</i>
<i>Strongylocentrotus albus</i>	<i>Str. Dröbachiensis</i>
<i>Hemiaster australis</i>	<i>Brissopsis lyrifera</i>
<i>Schizaster Philippii</i>	<i>Schizaster fragilis</i> .

1) AGASSIZ, Revision of the Echini I, S. 211, 221.

6) Der tropischatlantische Distrikt. Wenn wir die Arten an beiden Küsten des Atlantik vergleichen, so finden wir *Echinocyamus pusillus*, *Echinocardium cordatum*, *E. ovatum* in sehr weit wechselnden Tiefen; während *Brissopsis lyrifera*, *Dorocidaris papillata*, *Echinus norvegicus*, *Asthenosoma hystrix*, *Pourtalesia*, *Homolampas*, *Schizaster fragilis* in den Floridastrassen in solchen Tiefen auftreten, dass man daraus leicht erkennt, dass die Temperatur und nicht die Tiefe die Vertheilung der Seeigel im Atlantik regelt. Die tieferen Wasser bei Florida werden bewohnt von *Coclopleurus floridanus*, *Salenia varispina*, *Podocidaris sculpta*, *Trigonocidaris albida*, *Echinus gracilis*, *Echinolampas depressa*, *Agassizia excentrica*.

7) Der nordatlantische Distrikt ist durch *Echinocyamus pusillus* charakterisirt. *Brissopsis lyrifera* geht bis Grönland, *Schizaster fragilis* bis zum St. Lorenzgolf. *Echinus sphaera* reicht von Europa bis nach Island. Der circumpolare *Strongylocentrotus Dröbachiensis* geht bis zum Englischen Kanal. Dagegen finden sich: *Cidaris papillata*, *Spatangus purpureus*, *Echinus acutus*, *E. elegans*, *E. norvegicus*, *Echinocardium cordatum*, *Brissopsis lyrifera*, nördlich bis zum Nordkap, und bis zum Adriatischen Meere. Mit Ausnahme von *Spatangus purpureus*, *E. acutus* und *E. elegans* finden sich diese Arten auch im tiefen Wasser bei Florida, zusammen mit *Asthenosoma hystrix*, *Pourtalesia miranda*, *Echinocardium pennatifidum*, *E. ovatum* und *Schizaster fragilis*, welche nicht in das Mittelmeer eindringen. Europäischeatlantische Formen sind: *Echinus sphaera*, *E. miliaris*, *Spatangus Raschi*, dagegen ist *Sphaerechinus granularis* mediterran.

Von Frankreich über die Azoren bis nach Brasilien verbreitet sind *Strongylocentrotus lividus* und *Arbacia pustulosa*.

8) Der lusitanische Distrikt. Das Mittelmeer bis nach Portugal und den Capverden bewohnen: *Centrostephanus longispinus*, *Echinus microtuberculatus*, *E. melo*, *Sphaerechinus granularis*, *Echinocardium mediterraneum* und *Schizaster canaliferus*. Dazu gesellen sich von westindischen Arten: *Cidaris tribuloides*, (die kosmopolitische *Diadema setosum*), *Echinometra subangularis*, *Clypeaster subdepressus*.

9) Der westafrikanische Distrikt hat nebst einigen Mittelmeerarten: *Rotula* und *Echinolampas*. Auf St. Helena und Ascension findet sich *Echinometra subangularis*.

10) Der südliche circumpolare Distrikt hat als charakteristische Formen *Echinus subangulosus* und *Echinocardium australe*, sowie *Goniocidaris canaliculata*.

11) Der indopazifische Distrikt umfasst sehr weitverbreitete Arten:

<i>Cidaris metularia</i>	<i>Echinometra lucunter</i>
<i>Phyllacanthus dubia</i>	<i>E. oblonga</i>
<i>P. verticillata</i>	<i>Parasalenia gratiosa</i>
<i>Diadema setosum</i>	<i>Echinostrephus molaris</i>
<i>Echinothrix turcarum</i>	<i>Hipponoe variegata</i>
<i>E. calamaris</i>	<i>Toxopneustes pileolus</i>
<i>E. Desorii</i>	<i>Clypeaster scutiformis</i>
<i>Heterocentrotus mammillatus</i>	<i>Laganum depressum</i>
<i>Colobocentrotus atratus</i>	<i>Echinoneus cyclostomus</i>

Maretia planulata
Brissus carinatus

Metalia sternata
M. maculosa.

Auf die äquatorialen Breiten beschränkt sind:

Phyllacanthus baculosa

Salmacis Dussumieri

P. imperialis

Fibularia volva

Stomopneustes variolaris

Clypeaster humilis

Heterocentrotus trigonarius

Peronella rostrata

Nucleolites recens.

12) Der indoafrikanische Distrikt enthält: *Echinodiscus auritus*, *E. laevis*, *E. biforis*, *Echinolampas oviformis*, *Salmacis sulcata*, *S. bicolor*.

13) Der ostindische Distrikt reicht vom Golf von Persien bis nach Neuseelanden und Südjanan mit folgenden Formen:

Phyllacanthus annulifera

Arachnoides placenta

Temnopleurus torumaticus

Nucleolites epigonus

T. Reynaudi

Anochanus sinensis

Microcyphus maculatus

Brissopsis luzonica

Pseudoboletia indiana

Paleostoma mirabilis

Salmacis rarispina

Faorina chinensis

Peronella Lesucuri

Schizaster ventricosus.

14) Der pazifische Distrikt, der längs des Äquators vom Ostindischen Archipel bis nach den Paumotuinseln reicht, enthält folgende Arten:

Phyllacanthus gigantea

Toxopneustes maculatus

Colobocentrotus Mertensii

Mespilia globulus

Strongylocentrotus nudus

Fibularia australis

Pseudoboletia granulata

Laganum Bonani

Lovenia subcarinata.

15) Der japanische Distrikt ist bemerkenswerth wegen der grossen Artenzahl von *Strongylocentrotus*, er enthält dann einige *Echinus*, *Temnopleurus Hardwickii*, *Phymosoma crenulare*, *Asthenosoma varium*, *Astriclypeus Manni*, *Echinarachnius mirabilis* und *Lovenia subcarinata*.

16) Der australische Distrikt enthält besonders viele Arten von *Amblypneustes* und *Holopneustes*, nämlich:

Goniocidaris geranioides

H. purpureus

G. tubaria

Amblypneustes pallidus.

Stephanocidaris bispinosa

A. griseus

Centrostephanus Rodgersii

A. ovum

Salmacis globator

A. formosus

Holopneustes porosissimus

Eupatagus Valenciennesii

H. inflatus

Breynia Australasiae

Linthia australis.

17) Der nördlicheircumpolare Distrikt ist charakterisirt durch die einzige Art *Strongylocentrotus Dröbachensis*.

<i>Abatus cordatus</i> Verill.	50—60 f. 91—109 m.
<i>Aceste bellidifora</i> W. Th.	1467—2600 f. 2682—4754 m.
<i>Acrocladia trigonaria</i> Kl. an die tropischen Riffgebiete gebunden, Seichtwasser.	
<i>Acrope rostrata</i> W. Th.	800—1750 f. 1463—3199 m.
<i>Agassizia excentrica</i> Ag.	36—391 f. 65—714 m.
<i>Amblypneustes formosus</i> Val.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Amblypneustes grossularia</i> Stud.	95 f. 173 m.
<i>Amphidetus ovatus</i> Leske geringe Tiefen.	
<i>Amphidetus mediterraneus</i> Forb.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Arbacia pustulosa</i> Gr. Seichtwasser von Brasilien und Mittelmeer	1—2 f. 1—3 m.
<i>Arbacia alternans</i> St. Magellanstrasse zwischen Tangen	4 m.
<i>Arbacia Dufrenoyi</i> Gray	1—175 f. 1—319 m.
<i>Argopalagus vitreus</i> Ag.	800 f. 1463 m.
<i>Aspidodiadema tonsum</i> Ag.	100—1700 f. 182—3108 m.
<i>Aspidodiadema microtuberculatum</i> Ag.	356—2225 f. 650—4068 m.
<i>Aspidodiadema antillarum</i> Ver.	991 f. 1811 m.
<i>Astropyga elastica</i> Stud.	1 f. 2 m.

<i>Astropyga pulvinata</i> Ag.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Asthenosoma hystrix</i> Ag.	100—445 f. 182—813 m.
<i>Breynia australasiae</i> Leach.	1—3 f. 1—5 m.
<i>Brissopsis lyrifera</i> Ag.	1—2435 f. 1—4453 m.
<i>Brissus unicolor</i> Kl.	1—450 f. 1—822 m.
<i>Brissus atropos</i> Lam.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Brissus Damesi</i> Ag.	120—450 f. 218—822 m.
<i>Calveria hystrix</i> W. Th.	445 f. 813 m.
Wassertemperatur 7,5 ° C.	
<i>Calymene relictæ</i> W. Th.	620—2650 f. 1133—4845 m.
<i>Catopygus recens</i> Ag.	117—129 f. 213—235 m.
<i>Catopygus Loveni</i> St.	214 m.
<i>Cidaris tribuloides</i> Bl.	1—250 f. 1—456 m.
<i>Cidaris hystrix</i> Lam.	40—105 f. 73—191 m.
<i>Cidaris papillata</i> Leske	100—500 f. 182—914 m.
kleine Exemplare bis 1828 m.	
<i>Cingula Jan Meyeni</i> Ver.	70—300 f. 128—548 m.
<i>Clypeaster subdepressus</i> Ag.	
Seichtwasser der Brasilian. Küsten	1—120 f. 1—218 m.

Clypeaster humilis Ag.

1—20 f.
1—36 m.

Clypeaster virescens Doed.

40—100 f.
73—182 m.

Coeloclypeus Maillardi Ag.

82—102 f.
149—185 m.

Coeloclypeus floridanus Ag.

56—1323 f.
102—2419 m.

Conoclypeus Sigsbeeii Ag.

84—450 f.
153—822 m.

Cottalidia Forbesianus Ag.

310—315 f.
566—575 m.

Cyanosoma urens Sar.

6—8 m.

Cystechinus clupeatus Ag.

1050—1915 f.
1919—3501 m.

Diadema setosum Gr.,

heerdenweise zwischen Korallenriffen von Japan; phosphoresziert
im Leben.

1—115 f.
1—209 m.

Dorocidaris papillata Ag.

1—874 f.
1—1598 m.

Dorocidaris bracteata Ag.

15—100 f.
27—182 m.

Dorocidaris japonica Doed.
auf Schlammgrund

40—160 f.
73—291 m.

Echinanthus testudinarius Gray

1—120 f.
1—218 m.

Echinarachnius parma Gr.

10—300 f.
18—548 m.

Echinocardium mediterraneum Forb.

2—20 f.
3—36 m.

Echinocardium pennatifidum Norm.

80—120 f.
146—218 f.

- Echinocardium australe* Gray
1—2675 f.
1—4891 m.
- Echinocardis acutituberculatus* Bl.
Seichtwasser
2—10 f.
3—18 m.
- Echinocrepis cuneata* Ag.
1600 f.
2926 m.
- Echinocyamus pusillus* Gray
1—800 f.
1—1463 m.
- bei Madeira sedimentbildend in 86 m.
- Echinolampas depressa* Gray
1—60 f.
1—291 m.
- Echinometra subangularis* Desm.
Seichtwasser
18—55 m.
- bohrt auf den Cap Verden Höhlen in dichte Augitlava.
- Echinometra lucunter* Bl.
sehr häufig auf den Korallenriffen des Rothen Meeres
1—18 f.
1—32 m.
- Echinometra subangularis* Desm.
1—250 f.
1—456 m.
- Echinoncus cyclostomus* Leske
Strand.
- Echinorhachnius parma* Gray
1—300 f.
1—548 m.
- Echinothrix calamaris* Pall.
auf Sand zwischen den Riffen von Amboina
- Echinus angularis* Ag.
1—20 f.
1—36 m.
- Echinus acutus* Lam.
1—1330 f.
1—2468 m.
- Echinus miliaris* L.
1—30 f.
1—54 m.
- Echinus gracilis* Ag.
86—146 f.
157—266 m.
- Echinus melo* Lam.
30—40 f.
54—73 m.

<i>Echinus microstoma</i> W. Th.	150—400 f. 273—731 m.
<i>Echinus Wallesi</i> Ag.	257—1047 f. 469—1913 m.
<i>Echinus elegans</i> Dub.	80—1350 f. 146—2468 m.
<i>Echinus monilis</i> Def.	15—105 f. 27—191 m.
<i>Echinus lividus</i> Desl.	2 f. 3 m.
<i>Echinus microtuberculatus</i> Bl.	2—45 f. 3—82 m.
<i>Encope marginata</i> Ag. Seichtwasser.	1—70 f. 1—128 m.
<i>Encope emarginata</i> Ag.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Fibularia volva</i> Ag.	1—950 f. 1—1736 m.
<i>Fibularia australis</i> Desm.	300—400 f. 548—731 m.
<i>Funiculina armata</i> Ver.	1950 f. 3565 m.
<i>Genicopatagus affinis</i> Ag.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Goniocidaris tubaria</i> Lütke.	100—129 f. 182—235 m.
<i>Goniocidaris florigera</i> Ag.	1—1975 f. 1—3611 m.
<i>Goniocidaris canaliculata</i> Ag. sehr zahlreich im Sand (115 m) der Magellanstrasse.	160 f. 291 m.
<i>Goniocidaris clypeata</i> Doed. (<i>Cidaris Buchi</i> von St. Cassian!)	
<i>Hemiaster cavernosus</i> Ag. auf den Kerguelen in 9—732 m.	

<i>Hemiaster expergitus</i> Loven	550 f. 1005 m.
<i>Hemiaster zonatus</i> Ag.	620—750 f. 1133—1371 m.
<i>Hemipodina cubensis</i> Ag.	138—270 f. 251—493 m.
<i>Heterocentrotus mammillatus</i> L. zwischen Korallen auf japanischen Riffen.	
<i>Hipponoe esculenta</i> Ag.	1—450 f. 1—822 m.
<i>Hipponoe variegata</i> Ag.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Holopneustes purpureescens</i> Ag.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Homolampas fragilis</i> Ag.	300—1920 f. 548—3510 m.
<i>Homolampas fulva</i> Ag.	2425—2475 f. 4434—4526 m.
<i>Laganum Putnami</i> Barn.	1—25 f. 1—45 m.
<i>Laganum fudsianum</i> Doed.	120—200 f. 218—365 m.
<i>Linopneustes longispinus</i> Ag.	28—298 f. 51—544 m.
<i>Loxenia elongata</i> Gray	1—28 f. 1—51 m.
<i>Marettia planulata</i> Gray	1—25 f. 1—45 m.
<i>Marettia alta</i> Ag.	1—800 f. 1—1463 m.
<i>Mellita testudinata</i> Kl.	1—7 f. 1—12 m.
<i>Mellita sexforis</i> Ag.	1—270 f. 1—493 m.

<i>Meoma ventricosa</i> Lütke.	1—242 f. 1—441 m.
<i>Mespilia globulus</i> Ag.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Metalia africana</i> St.	5 m.
<i>Metalia Costae</i> Lud.	1—25 f. 1—45 m.
<i>Metalia pectoralis</i> Ag.	1—156 f. 1—284 m.
<i>Microcyphus zigzag</i> Ag.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Microfyga tuberculatum</i> Ag.	100—610 f. 182—1115 m.
<i>Moiria atropos</i> Ag.	1—60 f. 1—109 m.
<i>Moiropsis claudicanus</i> Ag.	129 f. 235 m.
<i>Molpadia turgida</i> Ver.	40—100 f. 73—182 m.
<i>Nacospatungus gracilis</i> Ag.	65 f. 118 m.
<i>Neolampas rostellata</i> Ag.	100—690 f. 182—1261 m.
<i>Palaeopneustes cristatus</i> Ag.	100 f. 182 m.
<i>Palaeostoma mirabile</i> Lov.	12 f. 21 m.
<i>Palaeotropus josephinae</i> Lov.	82—250 f. 149—456 m.
<i>Palaeotropus Loveni</i> Ag.	375 f. 685 m.
<i>Periaster limicola</i> Ag.	28—118 f. 51—214 m.

<i>Peronella Peronii</i> Gray	1—40 f. 1—73 m.
<i>Peronella decagonalis</i> Ag.	1—315 f. 1—575 m.
<i>Phormosoma Sigsbeei</i> Ag.	120—1242 f. 218—2270 m.
<i>Phormosoma uranus</i> Ver.	568—1080 f. 1038—1974 m.
<i>Phormosoma tenue</i> Ag.	1875—2750 f. 3428—5028 m.
<i>Phyllacanthus verticillata</i> Ag. auf Milleporiden der japanischen Riffe	1—8 f. 1—14 m.
<i>Phyllacanthus baculosa</i> Ag.	1—102 f. 1—185 m.
<i>Pleurechinus ruber</i> Doed.	20 f. 36 m.
<i>Porocidaris purpurata</i> W. Th.	500—600 f. 914—1097 m.
<i>Porocidaris sculpta</i> Ag.	138—390 f. 251—712 m.
<i>Porocidaris prionigera</i> Ag.	1050—1075 f. 1919—1965 m.
<i>Podophora atrata</i> L. am Riffrand auf Mauritius.	
<i>Pourtalesia Jeffreysii</i> Ver.	640—1555 f. 1170—2843 m.
<i>Pourtalesia laguncula</i> Ag.	350—2900 f. 639—5303 m.
<i>Psammechinus microtuberculatus</i> Bl.	2—20 f. 3—36 m.
<i>Pseudoboletia indiana</i> Ag.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Pygaster relictus</i> Lov.	180 f. 328 m.

<i>Rhinobrissus micrasteroides</i> Ag.	175—242 f. 319—441 m.
<i>Rhynchopygus carribbaccarum</i> Lütke.	1—106 f. 1—192 m.
<i>Rotula Augusti</i> Klein bei Monrovia ein ganzes Netz voll in 18 m.	60—1675 f. 109—3063 m.
<i>Salenia hastigerina</i> Ag.	100—1850 f. 182—3382 m.
<i>Salmacis Dussumieri</i> Ag.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Salmacopsis olivacea</i> Doed.	100—150 f. 182—273 m.
<i>Schizaster japonicus</i> Ag.	8—50 f. 14—91 m.
<i>Schizaster canaliferus</i> Lam.	20—50 f. 36—91 m.
<i>Schizaster Orbignyianus</i> Ag.	92—1507 f. 168—2755 m.
<i>Schleinitzia crenularis</i> Stud.	28 f. 51 m.
<i>Scmperia dubiosa</i> Stud.	109 m.
<i>Spatagocystis Challengeri</i> Ag.	1600—1950 f. 2926—3565 m.
<i>Spatangus canaliferus</i> Lam.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Spatangus meridionalis</i> Risso	30—40 f. 54—73 m.
<i>Spatangus Raschii</i> Lov.	100—300 f. 182—548 m.
<i>Spatangus purpurcus</i> Leske	1—450 f. 1—822 m.
<i>Sphaerechinus australiac</i> Ag.	1—40 f. 1—73 m.

- Sphaerechinus pulcherrimus* Barn.
bei Ebbe zahlreich in kleinen Pfützen und Felsenritzen an der
japanischen Küste.
- Sphaerechinus granularis* Ag.
1—400 f.
1—731 m.
- Stephanocidaris biserialis* Doed.
40—200 f.
73—365 m.
- Strongylocentrotus Gaimardi* Ag.,
Seichtwasser.
- Strongylocentrotus Dröbachiensis* Ag.
1—78 f.
1—142 m.
circumpolar im ganzen arktischen Ozean bis 81° N. Br.
- Strongylocentrotus tuberculatus* Lam.
1—10 f.
1—18 m.
sehr variabel in Grösse und Form an den japanischen Küsten.
- Temnechinus maculatus* Ag.
30—600 f.
54—1097 m.
- Temnechinus sagittiger* Ag.
700—1070 f.
1280—1956 m.
- Temnopleurus Reynaudi* Ag.
1—275 f.
1—502 m.
- Toxopneustes pileolus* Ag.
1—10 f.
1—18 m.
- Toxopneustes brevispinosus* Lam.
1—30 f.
1—54 m.
- Toxopneustes variegatus* Ag.
1—300 f.
1—548 m.
- Trigonocidaris albida* Ag.
60—450 f.
109—822 m.
- Tripylus fragilis* v. Dub.
400—500 f.
731—914 m.
- Urechinus Narcesianus* Ag.
1200—1800 f.
2194—3291 m.

9. Holothuria.

Obwohl die Seegurken keine zusammenhängenden Hartgebilde enthalten, und kaum fossil überliefert werden können, so spielen sie doch in manchen Theilen der heutigen Meere eine nicht geringe Rolle in der allgemeinen Bionomie.

Der walzen- oder gurkenförmige Körper der Holothurien ist von lederartiger Konsistenz, um den Mund herum stehen verzweigte Tentakeln, als Bewegungsorgane dienen kleine Saugfüßchen, welche nur bei wenigen Formen (*Synapta*, *Chirodota*, *Molpadia*) fehlen.

Manche Gattungen speien ihren Darmkanal aus, sobald sie gereizt werden, *Synapta* zerbricht ihren Körper durch heftige Muskelkontraktion in mehrere Stücke.

Die Synaptiden¹⁾ sind Küstenformen, die *Molpadia* scheinen auf der Wanderung nach der Tiefsee begriffen zu sein. Manche von Seichtwassergattungen abstammende Formen sind bis in Tiefen von 3500 m hinabgestiegen, nur *Poeclopadites*, *Pseudostichopus*, *Acanthotrochus* und *Ankyroderma* sind echte Tiefseethiere.

Die meisten Holothurien²⁾ leben einzeln, doch dicht beisammen in eng begrenzten Bezirken. *Synapta dimilis* lebt im Brackwasser der Mangrove, die meisten Formen leben auf reinem Sand, andere auf grobem Geröll oder zwischen Korallen. *Chirodota* lebt ganz im Sande vergraben.

In der Mermaidstrasse fanden sich 6—25 m tief ganz ungeheure Schaa ren von *Holothuria atra*, *Colochirus quadrangularis* und *Colochirus tuberculosus* auf sandigem Meeresboden.

Die Zahl³⁾ der Holothurien, welche auf jedem Theile der Korallenriffe des Malayischen Archipels herumliegen, ist ausserordentlich gross; wie bekannt, werden jährlich viele Schiffsladungen nach China als „Trepang“ verfrachtet. Die Menge der Korallen, welche jährlich durch diese Geschöpfe verzehrt und zu dem feinsten Schlamm gemahlen werden, muss ungeheuer sein.

1) HJELMAR THEEL, Chall. Rep. Zool. XIV, II, S. 7.

2) SEMPER, Holothurien der Philippinen, S. 201.

3) DARWIN, Korallenriffe, Stuttgart 1876, S. 15.

Stets ist der Darm der Holothurien mit Sand oder Schlamm erfüllt, und Foraminiferen sind leicht zu sammeln, wenn man den Darminhalt dieser Thiere untersucht.

Infolgedessen spielen die Holothurien eine recht wichtige Rolle in der Sedimentbildung. Indem Tag für Tag eine grosse Menge von Sand oder Schlamm des Meeresbodens durch ihren Körper hindurch wandert, wird das Sediment getränkt mit den Fäkalmassen dieser Thiere, und ähnlich wie die Regenwürmer humusbildend auf dem Festland getroffen werden, so müssen wir die Holothurien mit den Würmern zusammen als die Bildner mancher bituminöser, stickstoffhaltiger Gesteine betrachten.

10. Bryozoa.

Bei der Ausarbeitung wurden folgende Abhandlungen benutzt:

- BRADY, Denkschr. d. Wiener Akademie, Bd. XLIII, S. 109.
BUSK, Polyzoa dredged by H. M. S. Challenger. Rep. Zoology, Vol X, XVII, III.
FORBES, The infralitoral distribution of Marine Invertebrata of Great Britain, Rep. Brit. Ass. 1850.
FORBES, Report on the Mollusca and Radiata of the Aegæan Sea 1843.
KIRCHENPAUER, Zoolog. Ergebnisse der Nordseefahrt, 1872.
KRAEPLIN, Süßwasserbryozoen Deutschlands.
LOBLANCO, Notizie biologiche, Mitth. Zool. Station Neapel, VIII, 3.
LORENZ, Physik. Verhältnisse und Verth. der Org. im Quarnerischen Golf.
ORTMANN, Die japanische Bryozoenfauna, Arch. f. Naturg. 1890, I, 1.
QUOI & GAIMARD, Voyage de l'Astrolabe Zoologie.
SEGUIN, Amer. Journal 1874, S. 39, 413; 1875, II, S. 372.
STUXBERG, Fauna pa och kring Novaja Semlja, 1886.
D'URBAN, On the Zoology of Barents Sea, Ann. Mag. Nat. Hist., 5. Ser., VI, S. 264.
WATERS, Supplement Rep. of Polyzoa dredged by H. M. S. Challenger, Rep. Zool. Bd. XXXI, III.
und andere Abhandlungen.

Mit Ausnahme der einzellebenden *Loxosoma*, sind die Bryozoen stockbildende Thiere, deren kleiner Körper in einer hornigen oder kalkigen Hülle steckt. Jedes Einzelthier schaut mit seinem Tentakelkranz aus der Wohnzelle oder Ectocyste hervor und zieht denselben auf Reiz sehr schnell in die Zelle zurück.

Durch seitliche Knospung verästeln sich die Kolonien und bilden vielverzweigte Rinden, Bäumchen und Rasen. Die Einzelpersonen stehen durch ein Kolonialnervensystem im innigen Zusammenhang. Durch Differenzirung der Einzelpersonen entsteht ein seltsamer Polymorphismus; indem die Mehrzahl der Individuen als Nährthiere ausgebildet sind, dienen andere als rundliche Kapseln (Ovicellen) der Fortpflanzung, und zwischen den Nährzellen stehen vogelkopffähnliche Avicularien, welche zu Greifapparaten umgewandelt sind. Bei *Serialaria* sind ausserdem sogenannte „Stempelglieder“ als Befestigungsapparate entwickelt.

Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung findet sich die ungeschlechtliche Vermehrung weit verbreitet. Jede neue Knospe entsteht auf diesem Weg und bei Süßwasserbryozoen bilden sich linsenförmige Zellhaufen, die Statoblasten, bedeckt von zwei uhrglasähnlichen Chitinschalen, welche als Dauerkeime sehr widerstandsfähig sind.

Die Mehrzahl der Bryozoen sind Meeresbewohner. Freischwimmende Larven von *Membranipora* findet man bei Neapel im Januar bis April im Plankton. In der Ostsee¹⁾ wurden folgende Formen gefunden:

- Pedicellina gracilis* Sars.
- auf *Mytilus edulis* im Schlamm.
- Crisia eburnea* L.
- Diastopora repens* Wood.
- Alcyonidium Mytili* Dal.
- *polyum* Hass.
- *gelatinosum* L.
- *papillosum* Hass.
- auf treibendem Tang.
- *hispidum* Fabr.
- Vesicularia uva* L.
- auf *Furcellaria* und *Zostera marina*
- *curcata* L.
- Escharipora punctata* Hass.
- Gemellaria loricata* L.
- Flustra foliacea* L.
- Membranipora lineata* L.
- *nitida* Fabr.
- *pilosa* L.
- *Flemmingii* Busk.
- auf Tang und Seegras.

Alle diese Gattungen haben chitinöse Gehäuse, welche niemals verkalken, während die Mehrzahl der marinen Formen kalkige Skelette und Stöcke ausscheiden.

Folgende Gattungen bewohnen das süsse Wasser:

- Alcyonella*
- Cristatella*
- Fredericella*
- Hislopia*
- Lophophus*
- Norodonia*
- Paludicella*
- Pectinatella*
- Plumatella*
- Pottsiella*
- Urnatella*
- Victorella*

und zwar findet man sie im Flachland, ebenso wie in 2000 m hoch gelegenen Alpenseen.

1) FREESE, Arch. f. Naturg. 1888, I, 1.

Sie finden sich¹⁾ in reissenden Gebirgsbächen wie in stagnirenden Sümpfen. *Paludicella* lebt nur in fließendem Wasser, *Lophophus*, *Cristatella* und *Alcyonella* nur in stehendem morastigen Wasser. *Paludicella* gedeiht auch im Brackwasser, ebenso wie *Fredericella*, *Plumatella* und *Victorella*. Manche Formen, wie *Plumatella*, blieben vollständig lebensfähig, nachdem sie 16 Stunden ausser Wasser waren.

Man muss die Süßwasserbryozoen als Abkömmlinge der Meeresformen betrachten. Der geringere Sauerstoffgehalt des Süßwassers bedingt eine Vermehrung der Tentakel zur Vergrößerung der athmenden Fläche. Das geringere Schutzbedürfniss findet seinen Ausdruck in schwächeren Cutikularbildungen.

Manche Bryozoen leben parasitisch. So findet sich²⁾ *Hypophorella expansa* in den Röhrenwänden einer *Terebella conchylega*, auch *Terebrapora* und *Spathipora* bohren sich Gänge in Muschelschalen.

Die Bryozoen bewohnen fast alle Meerestiefen. *Schizoporella atcrima* ist eine typische Strandform, *Bugula*, *Amphiblestrum*, *Lepralia*, *Flustra* ziehen geringe Tiefen vor. Dagegen findet sich *Bifaxaria abyssicola* noch 5714 m tief.

Im Karaischen Meer findet man³⁾ ausgedehnte Wälder größerer Bryozoenarten 180—360 m tief.

Die geographische Verbreitung der Bryozoen lässt insofern eine auffallende Unregelmässigkeit erkennen⁴⁾, als gewisse Küstenstriche reich, andere sehr arm sind. Die meisten Familien besitzen eine geradezu kosmopolitische Verbreitung, ebenso die meisten Gattungen. Ja sogar viele Arten sind in allen Meeren weitverbreitet, wodurch sich die Bryozoen von anderen festsitzenden Thieren auffallend unterscheiden.

Tiefe Meeresbecken bilden für viele Formen unüberschreitbare Grenzen, auch überschreiten nur wenige den Tropengürtel. Gegenden mit Korallenriffen sind relativ arm an Bryozoen, nur die Floridariffe machen hiervon eine bemerkenswerthe Ausnahme.

Reich sind die Küsten von Nordamerika bis Florida, die Küsten Europas bis zum Mittelmeer, die Südspitze Afrikas und Südamerikas besiedelt, ebenso die pazifischen Küsten Nordamerikas bis nach Kalifornien, die Chilenische Küste, Neuseeland, Südaustralien und Japan. Tropische Bryozoen sind bisher nur wenig bekannt geworden.

Adcona grisea Lr.

17—90 f.
31—164 m.

Adeona appendiculata Busk

150 f.
273 m.

Adconella platalea B.

82—102 f.
149—185 m.

Adconella japonica Ort.

100—200 f.
182—365 m.

1) KRAEPLIN, Süßwasserbryozoen.

2) EHLEBS, Abh. k. Ges. d. Wissensch. Göttingen 1876.

3) AGASSIZ, Blake I, S. 141.

4) ORTMANN, Die Japanische Bryozoenfauna, S. 67.

Alcyonidium gelatinosum L.

1—36 f.
1—65 m.

Alcyonidium mamillatum Alder.

40—70 f.
73—128 m.

Alcyonidium flustroides B.

150 f.
273 m.

Alecto major Forb.

40 f.
73 m.

Alecto granulata M. E.

60—90 f.
109—164 m.

Amathia distans B.

10—20 f.
18—36 m.

Amathia spiralis Lamour.

33—150 f.
60—273 m.

Amphiblestrum perfragile Meg.

4—10 f.
7—18 m.

Amphiblestrum cristatum B.

28 f.
51 m.

Anarthropora borealis

60—150 f.
109—273 m.

Ascopoderia discreta B.

100—150 f.
182—273 m.

Aspidostoma giganteum B.

110—150 f.
200—273 m.

Barentia bulbosa Hinks.

160 f.
291 m.

Bicellaria ciliata B. C.

5—30 f.
9—54 m.

Bicellaria Alderi B.

106 f.
192 m.

Bicellaria navicularis Busk.

32—2220 f.
58—4023 m.

<i>Bifaxaria corrugata</i> Busk.	350 f. 639 m.
<i>Bifaxaria abyssicola</i> Busk.	3125 f. 5714 m.
<i>Biflustra tenuis</i> V. auf Schalen aufsitzend	1—40 f. 1—73 m.
<i>Biflustra abyssicola</i> Sars.	130 f. 236 m.
<i>Brettia australis</i> Busk.	450—825 f. 822—1508 m.
<i>Bugula plumosa</i> Pallas.	1—23 f. 1—42 m.
<i>Bugula calathus</i> Norman. häufig im Hafen von Neapel auf <i>Spirographis</i> und <i>Serpula</i> .	
<i>Bugula Murrayana</i>	1—430 f. 1—785 m.
<i>Bugula plumosa</i> Pall. häufig im Hafen von Neapel.	
<i>Bugula sinuosa</i> Busk.	80—150 f. 146—273 m.
<i>Bugula flabellata</i> Johust. auf Schnecken- und Schalen mit <i>Pagurus</i>	30—100 m.
<i>Bugula reticulata</i> Busk.	600—2160 f. 1097—3949 m.
<i>Bugula mirabilis</i> Busk.	2400 f. 4389 m.
<i>Buskia nitens</i> Ald.	128 f. 233 m.
<i>Caberea minima</i> Busk.	5—12 f. 9—21 m.
<i>Caberea Ellisii</i> Fl.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Caberea patagonica</i> Busk.	110—120 f. 200—218 m.

<i>Caberea Darwini</i> Busk.	50—500 f. 91—914 m.
<i>Cateschara denticulata</i> var. <i>tenuis</i> Busk.	38 f. 69 m.
<i>Cancellaria cancellata</i> L.	8—10 m.
<i>Canda reptans</i> Busk.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Canda simplex</i> Busk.	2—1700 f. 3—3108 m.
<i>Carbasca ovoidea</i> Busk.	5—1325 f. 9—2422 m.
<i>Catenaria attenuata</i> Busk.	72 f. 131 m.
<i>Catenaria bicornis</i> Busk.	1920 f. 3510 m.
<i>Catenicella plagiostoma</i> Busk.	35—150 f. 64—273 m.
<i>Catenicella cribraria</i> Busk.	350 f. 639 m.
<i>Catanicella elegans</i> Busk.	28—1100 f. 51—2011 m.
<i>Cellaria triangularis</i> Ort.	35—150 f. 64—273 m.
<i>Cellepora expansa</i> F.	2 f. 3 m.
<i>Cellepora mamillata</i> var. <i>atlantica</i> Busk	10—210 f. 18—383 m.
<i>Cellepora tridens</i> L.	106 f. 192 m.
<i>Cellepora scabra</i>	1—150 f. 1—273 m.
<i>Cellepora pumicosa</i>	5—80 f. 9—146 m.

<i>Cellepora incrassata</i> d'O.	1—106 f. 1—192 m.
<i>Cellularia ternata</i> Ellis.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Cellularia cuspidata</i> Busk.	33 f. 60 m.
<i>Cellularia crateriformis</i> Busk.	1900—2650 f. 3474—4845 m.
<i>Chlidonia Cordieri</i> And.	8—11 f. 14—20 m.
<i>Chorizopora hyalina</i> Busk.	12—90 f. 21—164 m.
<i>Cribrilina punctata</i> Hassall	25—35 f. 45—64 m.
<i>Cribrilina radiata</i> Moll.	75—450 f. 137—822 m.
<i>Crisia eburnea</i> Sm.	1—125 f. 1—227 m.
<i>Crisia eburneo-denticulata</i> Busk.	163—230 m.
<i>Crisia biciliata</i> Macg.	60—1100 f. 109—2011 m.
<i>Crisia</i> lebt bei Neapel häufig auf <i>Gelidium</i> (Alge) in 1 m Tiefe.	
<i>Cupularia Oweni</i> Busk. bei Monrovia Sediment bildend	16—18 m.
<i>Cupularia canariensis</i> Busk.	10—80 f. 18—146 m.
<i>Cupularia pyriformis</i> Busk.	47—128 f. 85—233 m.
<i>Cyclostomella articulata</i> Ort.	200—250 f. 365—456 m.
<i>Cylindraceum papuense</i> Busk.	28 f. 51 m.
<i>Defrancia lucernaria</i> Sars.	35—80 f. 64—146 m.

<i>Diachoris magellanica</i> Busk.	2—12 f. 3—21 m.
<i>Diachoris simplex</i> Hell. auf Kalkalgen	100 m.
<i>Diachoseris hexaceros</i> Ort.	60—150 f. 109—273 m.
<i>Diastopora obelia</i> Forbes	14—50 f. 25—91 m.
<i>Diastopora patina</i> Lam.	5—250 f. 9—456 m.
<i>Dimetopia cornuta</i> Busk.	45—150 f. 82—273 m.
<i>Diporula hastigera</i> Busk.	50—90 f. 91—164 m.
<i>Discofascigera lucernaria</i>	60—110 f. 109—200 m.
<i>Discopora sincera</i> Sm.	18—125 f. 32—227 m.
<i>Discoporella verrucosa</i>	8—30 f. 14—54 m.
<i>Discoporella verrucaria</i>	60—150 f. 109—273 m.
<i>Electra cylindracea</i> Busk.	80—150 f. 146—273 m.
<i>Emma crystallina</i> Gray	33 f. 60 m.
<i>Entalophora deflexa</i> Couch.	40—125 f. 73—227 m.
<i>Entalophora proboscidioides</i> Sm.	50—200 f. 91—365 m.
<i>Eschara cervicornis</i> Ell. Sol.	20—128 f. 36—233 m.
<i>Eschara cribraria</i> John.	36 f. 65 m.

<i>Eschara elegantula</i> d'O.	51 f. 93 m.
<i>Eschara foliacea</i> L.	15—27 f. 27—49 m.
<i>Eschara gracilis</i> Lam.	38—49 f. 69—89 m.
<i>Escharella palmata</i> Sars.	10—220 f. 18—401 m.
<i>Escharella pertusa</i>	8—40 f. 14—73 m.
<i>Escharoides occlusa</i> Busk.	8—210 f. 14—383 m.
<i>Eucratea chelata</i> L.	150 f. 273 m.
<i>Farciminaria hexagona</i> Busk.	140—1425 f. 255—2605 m.
<i>Farciminaria atlantica</i> Busk.	390—450 f. 712—822 m.
<i>Farciminaria delicatissima</i> Busk.	1850—2400 f. 3382—4389 m.
<i>Farrella atlantica</i> Busk.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Fasciculipora ramosa</i> d'O.	48—150 f. 87—273 m.
<i>Flustra solida</i>	1—64 f. 1—117 m.
<i>Flustra papyracea</i> Busk.	5—20 f. 9—36 m.
<i>Flustra foliacea</i> L.	12—50 f. 21—91 m.
<i>Flustra abyssicola</i> Sars.	220 f. 401 m.
<i>Flustra biseriata</i> Busk.	821—2160 f. 1508—3949 m.

<i>Flustramorpha marginata</i> Krauss	50—150 f. 91—273 m.
<i>Forcellaria elliptica</i> Busk	38—600 f. 69—1097 m.
<i>Fron dipora verrucosa</i> Lam.	110 f. 200 m.
<i>Gemellaria loricata</i>	1—142 f. 1—258 m.
<i>Gemellipora glabra</i> Sm.	10—42 f. 18—76 m.
<i>Haswellia australiensis</i> Haswell	8—49 f. 14—89 m.
<i>Haswellia auriculata</i> Busk	90—150 f. 164—273 m.
<i>Hippothoa biaperta</i> Sm.	3—5 f. 5—9 m.
<i>Hippothoa variabilis</i> V. auf <i>Serpula</i> aufsitzend	1—20 f. 1—36 m.
<i>Hippothoa divaricata</i> Lamour.	60—1000 f. 109—1828 m.
<i>Hornera foliacea</i> Macg.	33—38 f. 60—69 m.
<i>Hornera lichenoides</i> L.	1—600 f. 1—1097 m.
<i>Hypocystis asteriscus</i> Ort.	200 f. 365 m.
<i>Ichtyaria oculata</i> Busk	70—600 f. 128—1097 m.
<i>Idmonca pruinosa</i>	1—118 f. 1—214 m.
<i>Idmonca atlantica</i> Forb.	18—150 f. 32—273 m.
<i>Idmonca marionensis</i> Busk	50—1600 f. 91—2926 m.

<i>Kinetoskias pocillum</i> Busk.	32—2160 f. 58—3949 m.
<i>Leieschara crustacea</i> Sm.	10—125 f. 18—227 m.
<i>Lepralia trispinosa</i> John.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Lepralia reticulata</i> M. G.	14—106 f. 25—192 m.
<i>Lichenopora verrucaria</i> L.	2—125 f. 3—227 m.
<i>Lichenopora conica</i> Ort.	160—200 f. 291—365 m.
<i>Lichenopora fimbriata</i> Busk.	13—150 f. 23—273 m.
<i>Loxosoma leptoclini</i> Harmer auf <i>Leptoclinum</i> im Golfe von Neapel	30—60 m.
<i>Loxosoma singulare</i> Keferst.	62 f. 113 m.
<i>Mastigopora dutertrei</i> Aud.	42—170 f. 76—310 m.
<i>Melicerita dubia</i> Busk.	600 f. 1097 m.
<i>Menipea ternata</i> E. S.	1—128 f. 1—233 m.
<i>Menipea integra</i> Ortm.	200 f. 365 m.
<i>Menipea benemunita</i> Busk.	5—1325 f. 9—2422 m.
<i>Membranipora Bengalensis</i> Stol. Brackwasser Indiens bei Pt. Canning.	
<i>Membranipora albida</i> (?) Hincks	18—450 f. 32—822 m.
<i>Membranipora catenularia</i> Sm. im Eismeer auf Schalen aufsitzend	1—50 f. 1—91 m.
<i>Membranipora pilosa</i> John.	1—99 f. 1—181 m.

<i>Membranipora lineata</i> L.	15—210 f. 27—383 m.
<i>Micropora coriacea</i> Esp.	36—450 f. 65—822 m.
<i>Microporella personata</i> Busk.	4—18 f. 7—32 m.
<i>Microporella malusii</i> Aud.	5—150 f. 9—273 m.
<i>Microporella distoma</i> Busk.	50—450 f. 91—822 m.
<i>Mucronella castanea</i> Busk.	10—400 f. 18—731 m.
<i>Myriozoum truncatum</i> Lm.	82—100 m.
<i>Myriozoum subgracile</i> d'O.	160 f. 291 m.
<i>Myriozoum marionense</i> Busk.	50—500 f. 91—914 m.
<i>Nellia oculata</i> Busk.	10—550 f. 18—1005 m.
<i>Onchopora borealis</i> Busk.	1—106 f. 1—192 m.
<i>Onchoporella sclenoides</i> Ort.	70 f. 128 m.
<i>Onchopora Sinclairii</i> Busk.	28—1950 f. 51—3565 m.
<i>Pasythea eburnea</i> Sm.	32—450 f. 58—822 m.
<i>Porcella lacvis</i> var. <i>subcompressa</i> Hincks	100—150 f. 182—273 m.
<i>Porcella struma</i> Norm.	210 f. 383 m.
<i>Porcellina ciliata</i> Pallas.	10—15 f. 18—27 m.

<i>Porina ciliata</i> Sm.		5—8 f.
		9—14 m.
<i>Proboscina incrassata</i> Sm.		106 f.
		192 m.
<i>Pustulipora proboscidea</i> M. E.		50—150 f.
		91—273 m.
<i>Retepora</i> ,	6 Arten	1—20 f.
		1—36 m.
	6 Arten	50 f.
		91 m.
	10 Arten	240 f.
		438 m.
	5 Arten	600 f.
		1097 m.
<i>Retepora margaritacea</i> B.		1450 f.
		2651 m.
<i>Reteporella peripherica</i> Ort.		35—100 f.
		64—182 m.
<i>Salicornaria farcimoides</i> F.		15—50 f.
		27—91 m.
<i>Salicornaria malvinensis</i> Busk.		5—1450 f.
		9—2651 m.
<i>Schizoporella longispinata</i> Busk.		10—15 f.
		18—27 m.
<i>Schizoporella dispar</i> Meg.		50—91 f.
		91—166 m.
<i>Schizoporella auriculata</i> (?) Hassal		75—150 f.
		137—273 m.
<i>Schizoporella elegans</i> d'O.		150—500 f.
		273—914 m.
<i>Scruparia chelata</i> Oken		5—20 f.
		9—36 m.
<i>Scrupocellaria scrupae</i> Busk.		1—50 f.
		1—91 m.
häufig auf <i>Discodermia</i> .		
<i>Scrupocellaria macandrei</i> Busk.		1070—1150 f.
		1956—2102 m.

Scrupocellaria marsupiat Jull.

1675—2018 f.
3063—3689 m.

Selenaria maculata Busk.

30—35 f.
54—64 m.

Smittia jacobensis Busk.

50—120 f.
91—218 m.

Smittia reticulata Meg.

20—309 f.
36—548 m.

Smittia orataensis Busk.

450 f.
822 m.

Smittipora abyssicola Sm.

50—450 f.
91—822 m.

Steganoporella magnilabris Busk.

20—200 f.
36—365 m.

Supercystis tubigera Busk.

75 f.
137 m.

Supercystis digitata d'O.

150 f.
273 m.

Terebripora sp.
bohrt in Muschelschalen.

Tessaradoma boreale Busk.

450—1900 f.
822—3474 m.

Tremopora dendracantha Ort.

200 f.
365 m.

Tubucellaria opuntioideis Pallas.
Seichtwasser.

Tubulipora crates

8—33 f.
14—60 m.

Tubulipora serpens L.

1—106 f.
1—192 m.

Tubulipora incrassata d'O.

7—125 f.
12—227 m.

Turritigera stellata Busk.150—600 f.
273—1097 m.*Valkeria spinosa* Fl.1—23 f.
1—42 m.*Vesicularia uva* L.20—150 f.
36—273 m.*Vincularia gothica* d'O.80—150 f.
146—273 m.

11. Brachiopoda.

Es wurden bei der Ausarbeitung benutzt:

- BROWN, The Mollusca of the Firth of Clyde 1878.
DAVIDSON, Monograph of British Brachiopods, Brit. Pal. Soc. 1853.
DAVIDSON, A Monograph of Recent Brachiopoda, Trans. Linn. Soc. London, Zool. IV. 1886.
FORBES, Report on the Mollusca and Radiata of the Aegean Sea 1843.
FRIELE, Den Norske Nordhavs Expedition 1876—78, Zoologi, Mollusca 1882.
GWYN JEFFREYS, Brachiopoda of the European Seas, Proc. Zool. Soc. 1878, S. 399.
MAC ANDREW, Report on the Marine Testaceous Mollusca of the North-east Atlantic and neighbouring Seas, Rep. Brit. Ass. Cheltenham 1856.
QUOI & GAIMARD, Voyage de l'Astrolabe, Zoologie 1830.
SARS, Mollusca Regionis arcticae Norvegiae, Christiania 1878, S. 351.
SUESS, Die Wohnsitze der Brachiopoden, Sitzber. Acad. d. Wissensch. Wien 1859, S. 85; 1860, S. 151.
VERRILL, Results of recent Dredging Expeditions on the Coast of New England, Am. Journal 1874, S. 38, 131, 405.
WHITEAVES, Recent Dredging Operations in the Gulf of St. Lawrence, Am. Journ. 1874, S. 210.
WYVILLE-THOMSON, The Depths of the Sea.
und andere Abhandlungen, welche im Text erwähnt werden.

Die Brachioden sind bilateral symmetrische marine Thiere, welche in einer von einem Mantel unterschiedenen, zweiklappigen Schale stecken und meist mit einem kürzeren oder längeren Stiel am Meeresboden festgewachsen gefunden werden. Beiderseits des Mundes stehen die oft spiralig aufgerollten Mundarme, welche mit wimpernden Fransen besetzt sind. Der Wimperstrom führt kleine, im Wasser enthaltene Nahrungsbestandtheile dem Munde zu. Der Darm beschreibt im Innern des Körpers eine oder mehrere Windungen und ist bei den *Apygia* in einer Blase blindgeschlossen, während er bei den *Pleuropygia* seitlich in die Mantelhöhle durch einen After mündet. Auf dem Rücken liegt ein wenig entwickelter Herzschlauch, welcher das Blut in die Adern und die mit diesen in Verbindung stehenden Blutlücken treibt.

Als Athmungsorgane fungiren die Mundarme und wahrscheinlich auch die ganze innere Mantelfläche. In dem Mantel befinden sich auch die Geschlechtsdrüsen, welche eingeschlechtlich vertheilt sind. Infolgedessen leben die Brachiopoden gewöhnlich in grosser Zahl gesellig bei einander. Die Schalen der Brachiopoden entsprechen, nicht wie bei den Muscheln, der rechten und linken Seite, sondern dem Bauch und dem Rücken des Thieres.

Obwohl die Brachiopoden marine Organismen sind, so hat man doch *Terebratulina septentrionalis* bei Trias Cove¹⁾ auch in klarem Süsswasser auf steinigem Grunde in ganzen Kolonien beobachtet. *Terebratula australis*²⁾ beobachtete man bei Ebbe stundenlang ausser Wasser. *Crania*³⁾ kann leicht in Gefangenschaft gehalten werden; sie findet sich an den Küsten der Ostpyrenäen ziemlich vereinzelt, aber bei Banguls 50—60 m tief sehr häufig auf einer submarinen Klippe. 14 Monate lebten sie im Aquarium, ertrugen Wärme und Kälte ohne Schaden, und konnten sogar bis nach Roscoff transportirt werden.

Auch *Lingula* ist so lebensfähig, dass MORSE⁴⁾ lebende Exemplare vom 20. August bis zum Februar hielt und sie mit zweimaligem Wasserwechsel lebend von Japan nach Amerika brachte.

Die Lebensfähigkeit von *Lingula*⁵⁾ ist so gross, dass abgerissene Stiele in kurzer Zeit wieder ergänzt werden.

Im Zusammenhang damit mag es wohl stehen, dass viele Brachiopoden in ganz seichtem und ebenso in ganz tiefem Wasser gedeihen. *Discina atlantica* findet sich 1260—3950 m, *Liothyris vitrea* 73—1460 m.

Die Larven⁶⁾ von *Lingula* beobachtet man bei Baltimore von Mitte Juli bis Mitte August zahlreich im Plankton, die Larven⁷⁾ von *Argiope* finden sich im Februar bei Neapel. Junge Exemplare von *Terebratula vitrea* wurden dort im Februar und Juni beobachtet.

Der Stiel dient als Haftorgan. Viele Brachiopoden sind mit Hilfe desselben fest auf den Felsen, auf Conchylien oder Korallen angeheftet, während *Lingula* mit ihrem Stiel in sandigem Boden fixirt ist. *Lingula anatina* lebt am Strande von Numea im Sande zwischen Seegräsern so tief vergraben, dass nur der Stirnrand hervorragt. Hier sieht man drei ovale Oeffnungen, welche durch das unvollkommene Aufeinanderlegen der Mantellappen entstehen. Diese Oeffnungen werden durch längere Mantelborsten zu Kanälen verlängert, durch deren beide seitliche ein ununterbrochener Wasserstrom eintritt, während ein solcher durch die mittlere Oeffnung ausfliesst. Zieht man sie aus dem Sande heraus, so graben sie sich rasch wieder ein.

Während *Rhynchonella psittacca* ihre Arme etwa 4 cm aus der Schale hervorstreckt, fand SEMPER⁸⁾, dass jüngere Exemplare von *Lingula* solches nie thun. Will *Lingula* ihre Schalen öffnen, so ver-

1) DAVIDSON, Mon. of Recent Brachiopoda I, S. 28.

2) QUOI & GAIMARD, Voyage de l'Astrolabe III, S. 553.

3) JOUBIN, Archiv. de Zool. Experim. 2. S., IV, S. 173.

4) MORSE, Americ. Journ. 1878, S. 157.

5) FRANÇOIS, Archiv. de Zool. Experim. 2. Ser., IX, S. 233.

6) BROOKS, Archiv. de Zool. Experim. VIII, S. 391.

7) LOBIANCO, Mitth. Zool. Station 1888, S. 405.

8) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1864, S. 424.

schiebt sie dieselben ein paarmal rückweise aufeinander. Nach wiederholten Schieben öffnet sich die Schale immer mehr, bis sie endlich weit klaffend zu Ruhe kommt.

Das gesellige Leben der Brachiopoden hängt mit ihrer Eingeschlechtlichkeit aufs engste zusammen. REIN beobachtete bei Kiushiu, dass *Lingula* zur Ebbezeit mit Rechen aus dem Sande gescharrt und korbvollweise verkauft wurde. 1836 wurden bei Manila¹⁾ nach einem heftigen Teiphun 700 Liter *Lingula* an den Strand geworfen.

Discina, *Cistella* leben gesellig auf Steinen; *Megerlia*, *Terebratulina* und *Liothyris* findet man im Mittelmeer häufig mit *Corallium* zusammen, und abgestorbene *Megerlia* stecken in Menge zwischen den Korallenästen der Coralliumbank von Sciacca.

Die Mehrzahl der Brachiopoden leben auf felsigen Klippen und härteren Bänken, welche am Meeresgrund aus sandigen und schlammigen Gründen aufragen, und ihre Schalen werden nach dem Tode der Thiere leicht in die umgebenden Schlammimente hineingetragen, in denen sie nicht gelebt haben.

Im Allgemeinen wird man eine Brachiopoden enthaltende Ablagerung als marin ansprechen dürfen, obwohl die Fähigkeit derselben, bei Ebbe trocken zu liegen, und das Auftreten von *Terebratulina* im süßen Wasser zu Fehlerquellen Anlass geben kann. Das geographische Auftreten mancher Arten auf einem engbegrenzten Verbreitungsgebiet, der Mangel der Ortsbewegung und passiver Transportmittel bringt es mit sich, dass die Brachiopoden für die Beurtheilung von Lokalfaunen einen hohen Werth besitzen, aber als Leitfossilien wenig zu gebrauchen sind. Im Allgemeinen werden sie in ihrem Auftreten an das Vorhandensein bestimmter Sedimente geknüpft, und zur Wiedererkennung derselben Facies nützlich sein.

Argiope decollata Chem.
im Aegäischen Meer

27—100 f.
49—182 m.

auf Teneriffa

75 f.
137 m.

gewöhnlich in Gruppen auf Steinen festsitzend.

Argiope lunifera Phil.

30—40 f.
54—73 m.

Atrictia Brazieri Dav.

auf sandigem Schlamm

25 f.
45 m.

Atrictia Gnomon Jeffr.

650—1750 f.
1188—3199 m.

1) CHALLENGER, Narrative, S. 60.

<i>Bouchardia rosea</i> Mawe.	13 f. 23 m.
<i>Cistella Barrettiana</i> Dav. auf den Tortugas	30—43 f. 54—78 m.
bei Yukatan	641 f. 1171 m.
<i>Cistella cistellula</i> Scarles bei Guernsey über 200 Stück an einem Stein	20—45 f. 36—82 m.
<i>Cistella cuneata</i> Risso auf den Kanaren	28—200 f. 51—365 m.
<i>Cistella lutca</i> Dall.	30—127 f. 54—231 m.
<i>Cistella neapolitana</i> Scacchi	60—100 f. 109—182 m.
<i>Crania anomala</i> Müll. im Clyde	15 f. 27 m.
im Mittelmeer	690 f. 1261 m.
<i>Crania japonica</i> Ad.	71 f. 129 m.
<i>Crania ringens</i> Hon.	40—90 f. 73—164 m.
<i>Crania turbinata</i> Poli. im Mittelmeer auf Felsen angeheftet	40—150 f. 73—273 m.
<i>Discina atlantica</i> King. in der Baffinsbai	690—1450 f. 1261—2651 m.
unter 33° S. Br. und 74° W. L. zusammen mit <i>Waldheimia Wyrilli</i>	2160 f. 3949 m.
<i>Discina Cunninghamii</i> Brod. in Guatemala auf sandigem Schlamm	6—8 f. 10—14 m.
<i>Discina laevis</i> Sow. an den Küsten von Peru Bänke bildend	6—15 f. 10—27 m.
<i>Discina lamellosa</i> Brod. von Panama bis Peru auf Sand	5—9 f. 9—16 m.

Discina stella Gould.

17—25 f.
31—45 m.

Discina striata Schum.

bei Cap Palmas an der Küste von Westafrika.

Glottidia albida Hinds.

7—60 f.
12—109 m.

Glottidia (?) *antillarum* Reeve

16 f.
29 m.

Glottidia Audebarti Brod.

nahe der Meeresfläche auf hartem Sand in Guayaquil.

Glottidia (?) *semen* Brod.

auf feinem Korallensand in W.-Kolumbien

17 f.
31 m.

Gwynia capsula Gw. J.

8—20 f.
14—36 m.

Kraussina Davidsoni Vil.

auf einem kleinen Bezirk im Krater von St. Paul sehr häufig.

Kraussina Deshayesi Dav.

120 f.
218 m.

Kraussina Lamarkiana Dav.

auf Steinen nahe der australischen Küste.

Kraussina pisum Val.

150 f.
273 m.

Kraussina rubra Pallas

auf Ascidien und grossen Algen an der Küste von Natal.

Laqueus californicus Koch

90 f.
164 m.

Laqueus pictus Chemn.

23—55 f.
42—100 m.

Laqueus rubellus Sow.

auf steinigem Boden bei Korea

23—38 f.
42—69 m.

Lingula anatina Brug.

im Seichtwasser der Küsten des Indik.

Lingula jaspida Ad.

Japan

7 f.
12 m.

Liothyris subquadrata Jeffr.

500—600 f.
914—1097 m.

<i>Liothyris Wyvillii</i> Dav. weitverbreitet und häufig	1035—2900 f. 1892—5303 m.
<i>Liothyris sphenoidea</i> Phill. bei Florida	100—200 f. 182—365 m.
bei Marokko	298—818 f. 544—1495 m.
<i>Liothyris uva</i> Brod. bei Tehuantepek auf sandigem Schlamme	10—12 f. 18—21 m.
bei Buenos Ayres	600 f. 1097 m.
<i>Liothyris vitrea</i> Born. im Mittelmeer häufig	40—800 f. 73—1463 m.
<i>Liothyris vitrea</i> var. <i>minor</i> auf St. Vincent	298—818 f. 544—1495 m.
<i>Magasella aleutica</i> Dall. in ganz seichtem Wasser an der Unterseite der Steine ansitzend, im Aleutenmeer.	
<i>Magasella flexuosa</i> King. Port Stanley	5—15 f. 9—21 m.
auf den Falklandsinseln auf Steinen	1450 f. 2651 m.
<i>Megerlia sanguinea</i> Chem. auf Korallenriffen	10—63 f. 18—115 m.
<i>Megerlia truncata</i> Linne im Mittelmeer, besonders häufig zwischen <i>Corallium</i>	60—105 f. 109—191 m.
<i>Platydia anomioides</i> Sea.	88—645 f. 160—1179 m.
<i>Platydia Davidsoni</i> Deslong. an der Küste von Tunis auf <i>Caryophyllia ramosa</i>	25—70 f. 45—128 m.
<i>Rhynchonella cornu</i> Fisch.	57—690 f. 104—1261 m.
<i>Rhynchonella Döderleini</i> David. Japan	160 f. 291 m.

- Rhynchonella lucida* Gould.
Japan 48—100 f.
87—182 m.
- Rhynchonella nigricans* Sow.
bei Neuseeland auf Felsen und Korallen 19 f.
34 m.
- Rhynchonella psittacca* Chem.
circumpolar 15—80 f.
27—146 m.
- Rhynchonella Woodwardi* Ad.
35—48 f.
64—87 m.
- Terebratella Corcanica* Ad.
7—48 f.
12—87 m.
- Terebratella dorsata* Gmel.
60—90 f.
109—164 m.
- Terebratella frontalis* Midd.
bei den Aleuten, Ochotsk und Japan 1—45 f.
1—82 m.
am häufigsten 10 f.
18 m.
- Terebratella Mariae* Ad.
21—55 f.
38—100 m.
- Terebratella rubicunda* Sow.
in der Cooksstrasse an der Küste von Neuseeland häufig.
- Terebratella Spitzbergensis* Dav.
40—339 f.
73—619 m.
- Terebratella transversa* Sow.
15—20 f.
27—36 m.
- Terebratula arctica* Fr.
263 f.
480 m.
- Terebratula australis* Q. G.
sehr häufig in der Bassstrasse, wenige Faden tief. Sie können
lange ausser Wasser leben, da sie ihre Schalen hermetisch ver-
schliessen.
- Terebratulina abyssicola* Ad.
am Cap der Guten Hoffnung 120 f.
218 m.
- Terebratulina Cailleti* Crosse
88—471 f.
160—860 m.
- Terebratulina cancellata* Koch
in der Bassstrasse im Schlammgebiet auf Schalen von *Pecten*,

Cardium, *Arca* und Stacheln von *Cidaris* angeheftet. Bei Sidney auch auf *Trigonia Lamarkii*

7—40 f.
12—73 m.

Terebratulina caput serpentis L.

in Norwegen weit verbreitet, oft auf *Oculina* angeheftet

10—300 f.
18—548 m.

Terebratulina caput serpentis, var. *unguiculata*

in tieferem Wasser des Viktoriahafens auf Steinen und Muscheln angeheftet

1—100 f.
1—182 m.

Terebratulina Crossii Dav.

bei Japan zwischen zahlreichen anderen Thieren

100—250 f.
182—456 m.

Terebratulina Davidsoni King.

auf der Agulhasbank

45—60 f.
82—109 m.

Terebratulina japonica Sow.

48—55 f.
87—100 m.

Terebratulina Murrayi Dav.

600 f.
1097 m.

Terebratulina radiata Reeve

in der Strasse von Korea.

Terebratulina septentrionalis Couth.

bei Trias Cove kleine und grosse Exemplare zu Gruppen vereinigt im klaren Süsswasser auf steinigem Boden

8—150 f.
14—273 m.

Terebratulina tubercata Jeffr.

340—1261 f.
621—2305 m.

an der Küste von Westafrika

4787 m.

Terebratulina Wyvillii Dav.

390 f.
712 m.

Thecidium mediterraneum Risso

30—300 f.
54—548 m.

Waldheimia cranium Müll.

an der Küste von SW.-Frankreich.

5—650 f.
9—1188 m.

an den Hebriden

170—650 f.
310—1188m.

Waldheimia dilatata Lam.

2—32 f.
3—58 m.

Waldheimia flavescens Lam.

2—10 f.
3—18 m.

sehr häufig in der Bassstrasse.

Waldheimia floridana Pourt.

auf den Floridariffen häufig

100—200 f.
182—365 m.

Waldheimia Grayi Dav.

7—37 f.
12—67 m.

Waldheimia Kerguelensis Dav.

20—150 f.
36—273 m.

Waldheimia lenticularis Desh.

zahlreich an Felsen der Küste von Neuseeland

15 f.
27 m.

Waldheimia Raphaëlis Dall.

100—200 f.
182—365 m.

Waldheimia septata Phil.

80—400 f.
146—731 m.

Waldheimia septigera Lov.

75—861 f.
137—1574 m.

Waldheimia venosa Sol.

15 f.
27 m.

Waldheimia Wyvillii Dav.

bei Valparaiso mit *Terebratula Wyvillii* und *Discina atlantica*

2160 f.
3949 m.

12. Die geographische Verbreitung der Mollusken.

Die auf Grund der Molluskenverbreitung von WOODWARD und FISCHER¹⁾ aufgestellten Provinzen der heutigen Meere sind dadurch charakterisirt, dass mindestens die Hälfte ihrer Arten spezifische Bewohner derselben sind. Die Grenzen der Provinzen sind nur dann scharf, wenn eine unübersteigbare Schranke vorhanden ist, gewöhnlich geht eine in die andere allmähig über. Die Arten, welche eine Provinz charakterisiren, nennt man endemische, die anderen, welche weniger bezeichnend sind: sporadische Formen. Das Verbreitungsgebiet einer Art heisst ihre spezifische Area.

1) Die arktische Provinz.

Die Polarmeere enthalten eine einheitliche Fauna, welche gegen den Pazifik durch die Aleuten begrenzt wird, im Atlantik aber bis zu Neufundland, Island und dem Nordkap verbreitet ist. Die hier lebende Fauna findet sich fossil in den Diluvialablagerungen Europas und Nordamerikas, während eine kleine Anzahl von Arten in tieferen Gewässern der beiden folgenden Provinzen noch leben. Die arktischen Mollusken besitzen meist eine dicke grünliche Epidermis, finden sich in grosser Individuenzahl, und sind durch ihre Variabilität bemerkenswerth.

Octopus granulatus
Cirroteuthis Mülleri
Rossia palpebrosa
Onychoteuthis Bergii
— Fabricii
Gonatus amoenus
Ommastrephes todarus

Limacina arctica
Spiralis stenogyra
— *balea*
Clio borealis

Nassa incrassata
Buccinum undatum, var.
— *hydrophanum*

1) P. FISCHER, Manuel de Conchyliologie. Chapitre II: Distribution géographique des Mollusques, S. 117—178.

- Buccinum tenebrosum*
 — *Humphreysianum*
 — *cyaneum*
 — *glaciale*
 — *angulosum*
 — *tenue*
 — *undulatum*
 — *scalariforme*
 — *ciliatum*
 — *boreale* (Leach.)
 — *sericatum*
Columbella rosacea
 — *costulata*
Buccinopsis Dalei
Pleurotoma, 15 Arten
Fusus antiquus
 — *carinatus*
 — *contrarius*
 — *deformis*
 — *despectus*
 — *heros*
 — *latericens*
 — *Sabini*
 — *pellucidus*
 — *Kroyeri*
 — *decemcostatus*
 — *Berniciensis*
 — *Spitzbergensis*
 — *Islandicus*
 — *gracilis*
Trophon clathratus
 — *scalariformis*
 — *Gunneri*
 — *craticulatus*
 — *Barvicensis*
Trophon harpularius
 — *truncatus*
Purpura lapillus
Mangelia, 9 Arten
 — *decussata*
Bela turricula
 — *rufa*
Mitra Groenlandica
Admete viridula
Trichotropis borealis
 — *conica*
 — *insignis*
 — *bicarinata*
Natica helicoides
 — *clausa*
 — *pallida*
- Natica flava*
 — *pusilla* (Groenlandica)
 — *nana*
Velutina laevigata
 — *flexilis*
 — *zonata*
 — *lanigera*
Lamellaria prodita
 — *Groenlandica*
Scalaria Groenlandica
Scalaria borealis (Eschrichti)
Amaura candida
Chemnitzia albula
Mesalia lactea
Turritella polaris
Chenopus occidentalis
Littorina obtusata
 — *tenebrosa*
 — *Groenlandica*
 — *palliat* (arctica)
Lacuna vineta
 — *labiosa*
 — *crassior*
 — *glacialis*
 — *pallidula*
 — *puteolus*
Hydrobia castanea
Rissoa scrobiculata
 — *globulus*
 — *saxatilis*
Skenea planorbis
Margarita cinerea
 — *undulata*
 — *alabastrum*
 — *helicina*
 — *sordida*
 — *umbilicalis*
 — *Harrisoni*
 — *glauca*
 — *Vahl*
Mölleria costulata
Puncturella Noachina
Acmæa testudinialis
Lepeta caeca
Pilidium rubellum
Patella, 4 Arten
Chiton ruber
 — *albus*
Dentalium entalis
Bulla Reinhardt
 — *subangulata*

<i>Cylichna alba</i>	<i>Astarte semisulcata</i> (corrugata)
— <i>turrita</i>	— <i>elliptica</i>
<i>Philine scabra</i>	— <i>sulcata</i>
— <i>punctata</i> (Möll.)	— <i>crebricosta</i>
<i>Doris liturata</i>	— <i>faba</i>
— <i>acutiuscula</i>	<i>Astarte crenata</i>
— <i>obelata</i>	— <i>Warhami</i>
<i>Dendronotus arborescens</i>	— <i>globosa</i>
<i>Æolis Bodocensis</i>	— <i>compressa</i>
<i>Tergipes rupium</i>	— <i>Banksii</i>
<i>Euplocamus Holbölli</i>	<i>Cardium edule</i> , var.
	— <i>Islandicum</i>
	— <i>Groenlandicum</i>
	— <i>elegantulum</i>
<i>Anomia squamula</i>	<i>Axinus flexuosus</i>
— <i>aculeata</i>	<i>Turtonia minuta</i>
<i>Pecten Islandicus</i>	<i>Cyprina Islandica</i>
— <i>vitreus</i>	<i>Tellina calcarea</i>
— <i>Groenlandicus</i>	— <i>Groenlandica</i>
<i>Limatula sulcata</i>	<i>Tellina edentula</i>
<i>Mytilus edulis</i>	<i>Mya truncata</i>
<i>Modiola modiolus</i>	— <i>Uddevallensis</i>
<i>Modiolaria levigata</i>	— <i>arenaria</i>
— <i>nigra</i>	<i>Saxicava rugosa</i> (arctica)
<i>Crenella decussata</i>	— (Panopæa) Norvegica
<i>Dacrydium vitreum</i>	<i>Machæra costata</i>
<i>Arca glacialis</i>	<i>Glycymeris siliqua</i>
<i>Nucula corticata</i>	<i>Lyonsia Norvegica</i>
— <i>inflata</i>	— <i>arenosa</i>
<i>Leda buccata</i>	<i>Thracia myopsis</i>
— <i>macilenta</i>	<i>Pandora glacialis</i>
— <i>rostrata</i> (pernula)	
— <i>minuta</i> (Fabr.)	<i>Terebratulina septentrionalis</i>
— <i>lucida</i>	<i>Waldheimia cranium</i>
— <i>pygmæa</i>	— <i>septata</i>
<i>Yoldia arctica</i>	<i>Terebratella Spitzbergensis</i>
— <i>lanceolata</i> (arctica, B. et S.)	— <i>Labradorensis</i>
— <i>limatula</i>	<i>Rhynchonella psittacea</i>
— <i>hyperborea</i>	<i>Crania anomala</i>
— <i>thraciæformis</i> (angularis)	
— <i>truncata</i> , Br	
<i>Astarte borealis</i> (arctica)	

Die Gastropoden von Spitzbergen unterschieden sich von denselben Arten auf Grönland und Nordisland durch die geringere Dicke ihrer Schale, den Mangel von Längsrippen, das Vorwiegen von Spiralrippen, und grössere Dimensionen. Die wichtigsten Formen sind:

<i>Octopus Groenlandicus</i>	<i>Doris muricata</i>
<i>Rossia macrosoma</i>	<i>Cylichna occulta</i>
— <i>glaucois</i>	<i>Neptunea despecta</i>
<i>Limacina helicina</i>	— <i>Ossiana</i>
<i>Clione limacina</i>	<i>Fusus deformis</i>
<i>Dendronotus arborescens</i>	— <i>Hanseni</i>

Walther, Einleitung in die Geologie.

<i>Fusus virgatus</i>	<i>Rissoa Wyville-Thomsoni</i>
— <i>togatus</i>	<i>Natica Smithi</i>
— <i>latericeus</i>	— <i>nana</i>
— <i>Kroyeri</i>	— <i>clausa</i>
— <i>turritus</i>	<i>Velutina undata</i>
— <i>Lachesis</i>	— <i>lanigera</i>
— <i>Mohni</i>	<i>Margarita striata</i>
<i>Buccinum ciliatum</i>	— <i>Groenlandica</i>
— <i>Groenlandicum</i>	<i>Pecten Islandicus</i>
— <i>Totteni</i>	<i>Modiolaria laevigata</i>
— <i>Belcheri</i>	<i>Leda pernula</i>
— <i>hydrophanum</i>	<i>Cardium ciliatum</i>
— <i>glaciale</i>	— <i>Groenlandicum</i>
— <i>tenu</i>	<i>Astarte crebricosta</i>
<i>Pleurotoma simplex</i>	— <i>borealis</i>
— <i>bicarinata</i>	<i>Venus fluctuosa</i>
— <i>elegans</i>	<i>Tellina calcarea</i>
<i>Admete viridula</i>	<i>Pandora glacialis</i>
— <i>contabulata</i>	<i>Thracia septentrionalis</i>
<i>Trichotropis Kroyeri</i>	<i>Mya truncata</i>
— <i>inflata</i>	<i>Saxicava rugosa</i>
<i>Rissoa castanea</i>	<i>Terebratella Spitzbergensis</i>
— <i>scrobiculata</i>	<i>Rhynchonella psittacea</i>

In der Behringsstrasse leben eine Anzahl von Formen, welche sich auch an den Aleuten finden, und die bis nach Kalifornien an der Nordamerikanischen Küste herabsteigen, nämlich *Trophon orpheus*, *Chiton lineatus*, *Trichotropis cancellata*, *Tellina nasuta*, *Mya praecisa*. Im Smithsund hat man nördlich des 80. Breitengrades noch folgende Arten gefunden:

<i>Terebratella Spitzbergensis</i>	<i>Nucula inflata</i>
<i>Pleurotoma violacea</i>	<i>Leda pernula</i>
<i>Trichotropis borealis</i>	— <i>minuta</i>
<i>Margarita umbilicalis</i>	— <i>truncata</i>
<i>Cylichna alba</i>	<i>Astarte semisulcata</i>
— <i>striata</i>	— <i>fabula</i>
<i>Eolis salmonacea</i>	— <i>Warhami</i>
<i>Tellina tenera</i>	<i>Mya truncata</i>
<i>Lyonsia arenosa</i>	<i>Saxicava arctica</i>
<i>Axinus Gouldi</i>	<i>Pecten Groenlandicus</i>

2) Die boreale Provinz.

Sie wird im Osten begrenzt von der Küste Skandinaviens, im Westen durch die Amerikanische Küste von Neufundland bis Cap Cod. Island mit Ausnahme der Nordküste, und die Farör gehören dazu.

Die Hälfte aller Arten findet sich in der Nordamerikanischen, ebenso wie in der Europäischen Subprovinz, nämlich:

<i>Onmastrephe sagittatus</i>	<i>Admete viridula</i>
<i>Spirialis retroversus</i>	<i>Trichotropis borealis</i>

Trophon truncatus
Fusus despectus
Buccinum undatum
Purpura lapillus
Columbella rosacea
Pleurotonia bicarinata
 — *plicata*
 — *turricula*
 — *harpularia*
 — *violacea*
 — *Trevelyana*
 — *cancellata*
Amauropsis Islandica
Natica clausa
Velutina haliotidea
 — *zonata*
Cerithiopsis tubercularis
Turritella erosa
 — *reticulata*
Scalaria Groenlandica
Littorina littorea
 — *rudis*
 — *obtusata*
Lacuna divaricata
Rissoa striata
Hydrobia ventrosa
Skenea planorbis
Trochus occidentalis
Margarita cinerea
 — *undulata*
 — *helicina*
 — *argentata*
 — *obscura*
 — *varicosa*
Janthina communis
Puncturella Noachina
Tectura testudinalis
Chiton ruber
 — *marmoreus*
 — *albus*
 — *mendicarius*
Æolis despecta
 — *picta*
 — *rufibranchialis*
 — *papillosa*
Doto coronata
Dendronotus arborescens
Doris bilamellata

Doris aspera
 — *repanda*
Polycera Lessoni
Cylichna striata
Bulla utriculus
Utriculus hyalinus
 — *globosus*
Scaphander puncto-striatus
Anomia ephippium
 — *aculeata*
Pecten Islandicus
Crenella faba
Modiolaria nigra
 — *discors*
 — *corrugata*
Modiola modiolus
Mytilus edulis
Nucula tenuis
 — *delphinodonta*
Yoldia lineatula
 — *arctica*
 — *hyperborea*
Cardium Groenlandicum
 — *Islandicum*
 — *elegantulum*
Venus fluctuosa
Cyprina Islandica
Astarte sulcata
 — *borealis*
 — *crebricosta*
Lucina borealis
Tellina Balthica
 — *calcareo*
Saxicava rugosa
Cyamium minutum
Kellia suborbicularis
Thracia septentrionalis
Lyonsia arenosa
Nacera pellucida
Mya arenaria
 — *truncata*
Glycimeris siliqua
Solen ensis
Pholas crispata
Teredo megotara
 — *Norvegica*
 — *navalis*

Bewohner der Küste von Norwegen sind:

Octopus Bairdi
Architeuthis dux
Buccinum Zetlandicum
 — *Humphreysianum*
Fusus gracilis
 — *propinquus*
Trophon Barvicensis
 — *clavatus*
Natica intermedia
 — *affinis*
Cyclostrema basistriatum
Machæroplax affinis
Torellia vestita
Rissoa turgida
Jeffreysia globularis
Scalaria varicosa
Fissurisepta papillosa
Emarginula crassa
Philine angulata
 — *flexuosa*
 — *Loveni*
Tylodina Dubeni

Pleurophyllidia Loveni
Doris glabra
 — *Zetlandica*
 — *proxima*
Onchidoris pusilla
Polycera pudica
Hero formosa
Lomanotus marimoratus
Doto fragilis
Æolis auriculata
 — *aurantiaca*
 — *olivacea*
 — *concinna*
Tergipes despectus
Chiton abyssorum
 — *alveolus*
 — *exaratus*
Nucula tumidula
Malletia obtusa
Axinus Croulinensis
Thracia villosiuscula

Island besitzt eine Fauna, die zum Theil auch in Grönland auftritt wie:

Scalaria Groenlandica
Rissoa saxatilis
Buccinum Groenlandicum
Trophon craticulatus
Volutomitra Groenlandica
Admete viridula
Pleurotoma cinerea
 — *violacea*

Pleurotoma Pingeli
Margarita cinerea
Cardium Groenlandicum
 — *elegantulum*
Astarte crebricosta
Yoldia limatula
Modiolaria lævigata
Pecten Islandicus

während folgende Formen ihre Zugehörigkeit zur borealen Provinz beweisen:

Doris pilosa
Ancula cristata
Æolis papillosa
Actæon tornatilis
Turritella communis
Chenopus pes-pellicani
Cyprea Europæa
Natica Alderi
Nassa incrassata
Pleurotoma linearis
Trochus tumidus
Patella pellucida

Tectura virginea
Dentalium entalis
Mactra elliptica
Thracia villosiuscula
Thracia phascolina
Synedusmya prismatica
Venus ovata
Dosinia lincta
Lassus rubra
Cardium echinatum
 — *fasciatum*
Modiola phaseolina

Spezifische Amerikanische Formen der borealen Provinz sind:

<i>Loligo Pealei</i>	<i>Turritella acicula</i>
<i>Loligopsis pavo</i>	<i>Machæra squama</i>
<i>Psyche globulosa</i>	— <i>costata</i>
<i>Fasciolaria ligata</i>	<i>Pandora trilineata</i>
<i>Fusus pygmaeus</i>	<i>Anatina papyracea</i>
— <i>curtus</i>	<i>Cochlodesma Leana</i>
<i>Urosalpinx cinereus</i>	<i>Thracia Conradi</i>
<i>Nassa obsoleta</i>	<i>Maetra solidissima</i>
— <i>trivittata</i>	— <i>lateralis</i>
<i>Columbella avara</i>	<i>Mesodesma deaurata</i>
— <i>dissimilis</i>	<i>Crassatella mactracea</i>
<i>Natica heros</i>	<i>Petricola pholadiformis</i>
<i>Crucibulum striatum</i>	<i>Tellina tenera</i>
<i>Crepidula convexa</i>	<i>Venus convexa</i>
<i>Elysia chlorotica</i>	— <i>mercenaria</i>
<i>Alderia Harvardensis</i>	<i>Cardium Mortoni</i>
<i>Embletonia fuscata</i>	<i>Arca transversa</i>
<i>Æolis pilata</i>	<i>Nucula proxima</i>
— <i>purpurea</i>	<i>Modiola plicatula</i>
<i>Bulla incincta</i>	<i>Crenella glandula</i>
<i>Rissoa latior</i>	<i>Pecten tenuicostatus</i>
— <i>Mighelsi</i>	— <i>irradians</i>
— <i>exarata</i>	<i>Ostrea Virginiana</i> .
— <i>carinata</i>	

Mehrere dieser Arten kommen südlich bis nach Florida vor.
Im St. Lorenzgolf findet man:

<i>Ommastrephes sagittatus</i>	<i>Amauropsis helicoides</i>
<i>Pleurotoma bicarinata</i>	<i>Chenopus occidentalis</i>
— <i>cancellata</i>	<i>Rissoa minuta</i>
— <i>rufa</i>	<i>Turritella erosa</i>
<i>Trophon clathratus</i>	<i>Lacuna vineta</i>
— <i>scalariformis</i>	<i>Littorina palliata</i>
<i>Fusus Islandicus</i>	— <i>rudis</i>
— <i>tornatus</i>	— <i>tenebrosa</i>
— <i>decemcostatus</i>	<i>Margarita helicina</i>
<i>Buccinum undatum</i>	— <i>undulata</i>
— <i>Donovani</i>	— <i>cinerea</i>
<i>Nassa trivittata</i>	<i>Mölleria costulata</i>
— <i>obsoleta</i>	<i>Puncturella Noachina</i>
<i>Purpura lapillus</i>	<i>Crepidula plana</i>
<i>Trichotropis borealis</i>	— <i>fornicata</i>
<i>Velutina haliotidea</i>	<i>Lepeta cæca</i>
<i>Lamellaria perspicua</i>	<i>Acmaea testudinalis</i>
<i>Natica heros</i>	<i>Chiton marmoreus</i>
— <i>clausa</i>	<i>Anomia ephippium</i>
— <i>triseriata</i>	<i>Pecten Islandicus</i>
— <i>flava</i>	— <i>tenuicostatus</i>
— <i>Groenlandica</i>	<i>Nucula tenuis</i>

Yoldia limatula
 — *myalis*
Crenella decussata
 — *pectinula*
Modiolaria nigra
Modiola plicatula
Mytilus edulis
Lima subauriculata
Lucina flexuosa
Astarte compressa
 — *sulcata*
 — *elliptica*
Cardita borealis
Cardium Groenlandicum
 — *Islandicum*
 — *pinnulatum*

Venus mercenaria
 — *gemma*
Mesodesma arcata
Macra ovalis
Tellina calcarea
 — *tenera*
 — *Groenlandica*
Solen ensis
Machseera costata
Lyonsia hyalina
Glycimeris siliqua
Mya arenaria
 — *truncata*
Saxicava rugosa
Pholas crispata
Rhynchonella psittacea.

Doch leben alle Arten ohne Ausnahme auch an den Küsten von Massachusetts.

Im Magen der Fische auf den Neufundlandbänken hat man folgende Formen beobachtet:

Clypeo limacina
Psyche globulosa
Buccinum glaciale
 — *polare*
 — *Annae*
 — *Totteni*
Trophon scalariformis
Fusus largillierti
 — *Spitzbergensis*
 — *tornatus*
 — *ventricosus*

Chenopus occidentalis
Amatopsis helicoides
Machera squama
 — *costata*
Panopaea Norvegica
Glycimeris siliqua
Astarte semisulcata
Cardium Groenlandicum
Yoldia limatula
Modiolaria discors
Pecten Islandicus.

3) Die keltische Provinz.

Grossbritannien (mit Ausnahme der Shetlandsinseln und der anglonormannischen Inseln) Dänemark, Schweden, die Küsten der Nordsee und Ostsee gehören hierher. Ihre Mollusken entstammen grösstentheils den benachbarten Provinzen, so dass nach dem Ausspruch von FORBES keine einzige Art ihr eigenthümlich ist.

Im Norden von Grossbritannien findet man mehrere boreale Formen, welche nur bis zum Aermelkanal gehen und dem Französischen Litoral fehlen:

Philina pruinosa
 — *quadrata*
Pleurotoma Trevelyana
Trophon Barvicensis
 — *truncatus*
Fusus Turtoni
 — *Norvegicus*

Buccinum Humphreysianum
Cerithiopsis costulata
Trichotropis borealis
Velutina plicatilis
Natica Islandica
 — *Groenlandica*
 — *Montagui*

Stylifer Turtoni	Chiton albus
Jeffreysia globularis	— ruber
Rissoa albella	— marmoreus
Margarita helicina	Panopæa Norvegica
— Groenlandica	Poromya granulata
Emarginula crassa	Thracia convexa
Puncturella Noachina	Astarte compressa
Propylidium ancyloides	Crenella decussata
Tectura testudinalis	Modiolaria nigra
— fulva	Pecten septemradiatus
Chiton Hanleyi	Lima elliptica.

Die Fauna der Ostsee ist sehr arm, sie enthält keine Pteropoden, keine Brachiopoden, keine eigenthümliche Art:

Loligo vulgaris	Dendronotus arborescens
— Forbesi	Æolis papillosa
Pleurotoma turricula	— exigua
Fusus antiquus	— alba
Nassa reticulata	— Drummondii
Buccinum undatum	Elysia viridis
Triphoris perversa	Pontolimax capitatus
Cerithium reticulatum	Teredo navalis
Velutina haliotidea	Pholas candida
Hydrobia ulvæ	— crispata
Rissoa inconspicua	Saxicava rugosa
— octona	Mya arenaria
— striata	— truncata
Littorina littorea	Corbula gibba
— obtusata	Solen pellucidus
— rudis	Syndesmya alba
Tectura testudinalis	Scrobicularia piperata
Chiton marginatus	Tellina Balthica
Odostomia rissoides	— tenuis
Amphisphyræ hyalina	Cyprina Islandica
Utriculus obtusus	Astarte borealis
— truncatulus	— sulcata
Akera bullata	— compressa
Philine aperta	Cardium edule
Doris pilosa	— fasciatum
— repanda	Montacuta bidentata
— proxima	Mytilus edulis
Ancula cristata	Modiolaria discors
Calliopæa bellula	— nigra
Polycera ocellata	— marmorata.
— quadrilineata	

Folgende Gattungen, welche im Litoral von Dänemark leben, vermeiden die salzarmen und seichten Gewässer der Ostsee:

Scalaria	Eulima
Aelis	Stylifer
Eulimella	Chemnitzia

Actæon	Dentalium
Cylichna	Xylophaga
Bulla	Neera
Tylodina	Lyonsia
Idalia	Cochlodesma
Plenophyllidia	Thracia
Tritonia	Lepton
Hero	Mactra
Doto	Psammobia
Tergipes	Donax
Chalidis	Dosinia
Homalogyra	Lucinopsis
Turritella	Venus
Cæcum	Tapes
Vermetus?	Lucina
Chenopus	Axinus
Natica	Nucula
Capulus	Leda
Purpura	Crenella
Trophon	Modiola
Trochus	Pecten
Emarginula	Lima
Lepeta	Ostrea
Pilidium	Anomia
Patella	

Der Kattegat zeigt einen sehr merkwürdigen Gegensatz zwischen der Fauna des schwedischen und der des dänischen Litoralgebietes. An der schwedischen Küste leben folgende Gattungen, welche an der Küste von Dänemark fehlen:

Spirialis	Cerithiopsis
Pleurobranchus	Margarita
Aplysia	Solecurtus
Triopa	Kellia
Ægires	Turtonia
Hermæa	Arca
Scaphander	Yoldia
Marsenia	Terebratula
Cypræa	Terebratella
Skenea	Crania

4) Die lusitanische Provinz.

Die atlantischen Küsten von Frankreich, Spanien und Portugal, des Mittelmeeres mit dem Schwarzen Meer, die Nordwestküste Afrikas bei Cap Jub mit den Azoren und Kanaren gehören hierher.

Folgende Arten gehen nicht nördlicher als der Aermelkanal:

Tellina serrata	Cardium paucicostatum
— compressa	— papillosum
Coralliophaga lithophagella	Lucina reticulata

Sportella recondita
Lepton subtrigonum
 — *sulcatulum*
Leda commutata
Modiolaria Petagnæ
 — *gibberula*
Mytilus minimus
Lithodinus caudigerus
Pecten pes-felis
Ostrea cochlear
Dentalium filum
Dentalium novemcostatum
Chiton Cajetanus
 — *discrepanus*
Patella Lusitanica
Fissurella gibba
Haliotis tuberculata
Doris derelicta
Pleurophyllidia pustulosa
 — *lineata*
Aplysia Cuvieri
 — *depilans*

Aplysia fasciata
Ringicula buccinea
 — *leptochila*
Scalaria crenata
Eglisia subdecussata
Fossarus ambiguus
 — *costatus*
Solarium conulus
 — *fallaciosum*
Pleurotoma Maravigneæ
Murex Edwardsi
 — *aciculatus*
Purpura hæmastoma
Triton nodiferus
 — *corrugatus*
 — *cutaceus*
Ranella gigantea
Nassa corniculum
 — *semistriata*
Cassis saburon
Cassidaria Thyrrhæna

Dagegen dringen folgende nördliche Arten bis nach dem Französischen Litoral:

Pholas crispata
Pholadidea papyracea
Mya arenaria
 — *truncata*
Mactra solida
Tellina Balthica
Psammobia tellinella
Astarte sulcata
Cyprina Islandica
Cyamium minutum
Modiola modiolus
Pecten tigrinus
Helcion pellucidum
Doris bilamellata
 — *pilosa*
Tritonia Hombergi
Æolis papillosa

Odostomia unidentata
Rissoa Jeffreysi
Lacuna pallidula
 — *vineta*
 — *crassior*
 — *puteolus*
Littorina littorea
 — *obtusata*
Velutina capuloidea
Pleurotoma rufa
 — *turricula*
Purpura lapillus
Neptunea antiqua
 — *Islandica*
 — *gracilis*
 — *Berniciensis*
Buccinum undatum

Das Mittelmeer enthält die reichste Fauna der gemäßigten Zone. Folgende Gattungen kommen auch im Afrikanischem Gebiet, dem Indischen Ozean und im Karaibischen Meere vor:

Umbrella
Marginella
Cymbium
Clanculus
Xenophora

Typhis
Fasciolaria
Cancellaria
Pedicularia
Sigaretus

Siliquaria
Mesalia
Clavagella
Cardita
Chama
Spondylus

Crepidula
Smaragdia
Dolium
Thecidium
Rissoina
Solemya

Mediterrane Formen sind:

Octopus carena
Sepioteuthis Sicula
Histioeuthis Bonelliana
Eledone moschata
Cymbulia Peroni
Carinaria Mediterranea
Tylodina Rafinesqui
Umbrella Mediterranea
Pleurobranchus testudinarius
Lobiger Philippii
Oxynoe olivacea
Doridium membranaceum
Ovula carnea
Pedicularia Sicula
Cypren pium
Marginella miliaria
Mitra ebena
Columbella Greci
Nassa gibbosula
Dolium galea
Cassis sulcosa
Cassidaria echinophora
Polia Orbigny
Pisania maculosa
Euthria cornea
Fasciolaria Tarentina
Murex brandaris
— trunculus
Ranella gigantea
Cerithium vulgatum
Pirenella conica
Cancellaria cancellata
Natica millepunctata
— Josephinia
Siliquaria anguina

Vermetus gigas
Rissoa auriscalpium
Turbo sanguineus
Clanculus cruciatus
Trochus unidentatus
— divaricatus
Patella ferruginea
Chiton olivaceus
Tethys leporina
Dentalium rubescens
Clavagella aperta
Venerupis decussata
Corbula Mediterranea
Scrobicularia Cottardi
Tellina planata
Venus multilamella
— effossa
Chama gryphina
— gryphoides
Cardium erinaceum
— oblongum
Diplodonta apicalis
Lucina transversa
Arca Polii
Pectunculus violaceus
Modiolaria agglutinans
Modiola Martorelli
Lithodomus lithophagus
Pinna nobilis
Lima squamosa
— inflata
Pecten Jacobeus
— glaber
Thecidium Mediterraneum
Terebratula vitrea.

Im Schwarzen Meer leben 68 Molluskenarten, von denen folgende genannt seien:

Rissoa splendida
Columbella rustica
Nassa reticulata
— incrassata
Cyclope neriteus
Trochus divaricatus

Trochus Adansonii
Donax trunculus
Mactra triangularis
Tellina Balthica
Lucina lactea
Cardium edule (et var.)

Venus gallina (et var.)
Pecten glaber (et var.)
Mytilus minimus

Mytilus crispus
Ostrea Taurica.

An den Kanaren findet man folgende charakteristische Formen:

Conus papilionaceus
Cymbium rubiginosum
Ranella laevigata
Columbella Broderipi
Purpura viverratoides
Mitra fusca
 — *zebrina*
Marginella glabella
 — *Guancha*
Clanculus Bertheloti
Scalaria Webbi
 — *cochlea*
Rissoa mirabilis
 — *Canariensis*

Rissoa Mac-Andrewi
Gadina afra
Pedipes afre
Aplysia ocellata
Scissurella Bertheloti
Bulla punctata
Caecum elegantissimum
Patella crenata
 — *guttata*
 — *Lowei*
 — *Candei*
Chiton Canariensis
Pecten corallinoides
Lacina Adamsi.

5) Die aralo-caspische Provinz.

Dieselbe hat durch die einmündenden grossen Flüsse einen besonderen Charakter erhalten; manche Muscheln zeichnen sich durch sehr lange Siphonen aus.

Corbicula fluminalis
Cardium edule
 — — var.
 — *ornatum*
 — (*Didacna*) *trigonoides*
 — (*Didacna*) *crassum*
Monodacna Caspia
 — *pseudo-cardium*
 — *edentula*
 — *colorata*
Adacna plicata

Adacna vitrea
 — *laeviuscula*
Dreissensia polymorpha
 — *Caspia*
Paludina vivipara
Lithoglyphus Caspius
Hydrobia Eichwaldi
 — *stagnalis*
 — *spica*
 — *Caspia*
Neritina liturata.

6) Die westafrikanische Provinz.

Eingeschaltet zwischen die beiden Wendekreise, besitzt sie eine sehr interessante, wenn auch bisher wenig bekannte Fauna. Es fehlen besonders mit den Korallenriffen die auf diesen lebenden Formen.

Octopus veimstus
Onychoteuthis (3 Arten)
Cranchia (2 Arten)
Sepia ornata
 — *Hierredda*

Conus genuanus
 — *papilionaceus*
 — *Guinaicus*
Oliva acuminata
Oliva hiatala
 — *flammulata*

- Cypræa stercoraria*
 — zonata
 — Petitiiana
Marginella (40 Arten)
 — Adansoni
 — faba
 — limbata
 — amygdala
Marginella persicula
 — glabella
Ovula alabaster
 — similis
Cymbium rubiginosum
 — Neptuni
 — porcinum
Mitra caliginosa
 — Cambiana
 — maura
Terebra Senegalensis
 — regina
Bullia Tamsiana
Cyllene lyrata
Nassa polita
 — miga
 — tritoniformis
Desmoulea pinguis
Pseudoliva sepimentum
Phos Grateloupianus
Pollia sulcata
Harpa rosea
Triton trigonus
Ranella scrobiculata
Typhis Belcheri
Murex cornutus
 — hoplites
 — Senegalensis
 — gibbosus
 — rosarium
 — Gubbi
Pusionella Nifat
 — Milleti
Pirella afra
 — recurva
Pirula morio
Purpura hæmostoma
 — coronata
 — neritoidea
Turbinella carinifera
Cancellaria cancellata
 — piscatoria
Xenophora Senegalensis
- Strombus bubonius*
Chenopus Senegalensis
Pleurotoma (36 Arten)
 — diadema
 — muricata
 — imperialis
 — mitreiformis
 — lineata
Pleurotoma carbonaria
Tympanotomus fuscatus
 — radula
Cerithium Guinaicum
Rissoa Gougeti
Turritella flammulata
Eglisia spirata
Mesalia brevis
Protoma Knockeri
Scalaria cochlea
Cæcum (4 Arten)
Vermetus Adansoni
Fossarus Adansoni
Planaxis Hermannseni
Niso Senegalensis
Littorina cingulifera
 — punctata
Clanculus Guineensis
 — villanus
Trochus punctulatus
 — Tamsi
Cyclostrema Calameli
 — tricarinata
Teinostoma solidum
Sigaretus concavus
 — bifasciatus
Pedipes afer
Natica fulminea
 — collaria
 — Senegalensis
Nerita Senegalensis
Tornatella Senegalensis
Ringicula Moritzi
Volvula cylindrica
Bulla Adansoni
Crepidula Gorensis
 — hepatica
Fissurella Benguelensis
 — Menckana
 — alabastrites
Siphonaria striato-costata
Gadinia afra
Patella plumbea

<i>Patella spectabilis</i>	<i>Psammobia intermedia</i>
— <i>Guineensis</i> .	— <i>angusta</i>
<i>Ostrea Webbi</i>	<i>Tellina</i> (20 Arten)
— <i>Guineensis</i>	— <i>strigosa</i>
— <i>Senegalensis</i>	— <i>lacunosa</i>
<i>Pecten gibbus</i>	— <i>ampullacea</i>
— <i>orbicularis</i>	— <i>Cumana</i>
<i>Pinna Dunkeri</i>	<i>Strigilla Senegalensis</i>
<i>Pinna pernula</i>	<i>Gastrana inflata</i>
<i>Septifer puniceus</i>	— <i>Guineaica</i>
<i>Mytilus atropurpureus</i>	<i>Scrobicularia piperata</i>
— <i>afer</i>	<i>Donax rugosus</i>
<i>Modiola inconstans</i>	— <i>acutangulus</i>
— <i>rhomboidea</i>	— <i>parvus</i>
— <i>subpurpurea</i>	<i>Poronia Adansoni</i>
<i>Lithodomus caudigerus</i>	<i>Ungulina oblonga</i>
<i>Leda bicuspidata</i>	— <i>alba</i>
— <i>curvirostrum</i>	<i>Felania diaphana</i>
<i>Nucula crassicoستا</i>	<i>Lucina sphaeroides</i>
<i>Pectunculus spadiceus</i>	— <i>Adansoni</i>
<i>Arca senilis</i>	— <i>pecten</i>
— <i>despecta</i>	<i>Corbula sulcata</i>
— <i>Bouvieri</i>	— <i>trigona</i>
<i>Chama Senegalensis</i>	<i>Lutraria Senegalensis</i>
<i>Cardium costatum</i>	<i>Mactra Adansoni</i>
— <i>hians</i>	— <i>striatella</i>
— <i>ringens</i>	— <i>Largillierti</i>
<i>Cardita Ajar</i>	<i>Cultellus politus</i>
— <i>Senegalensis</i>	<i>Solen truncatus</i>
<i>Crassatella contraria</i>	<i>Solecurtus Golar</i>
<i>Dosinia Adansoni</i>	<i>Ceratisolen Molan</i>
— <i>isocardia</i>	<i>Siliquaria Guineensis</i>
<i>Venus plicata</i>	<i>Tugonia anatina</i>
— <i>rosalina</i>	<i>Jouannetia Vignoni</i>
<i>Cytherea tripla</i>	<i>Talona clausa</i>
— <i>bicolor</i>	<i>Martesia branchiata</i>
<i>Tapes rariflamma</i>	<i>Teredo Senegalensis.</i>
— <i>Senegalensis</i>	
<i>Petricola gracilis</i>	<i>Lingula parva</i>
<i>Lucinopsis cancellata</i>	<i>Orbicula striata.</i>

Im Archipel der Cap Verden sind charakteristisch:

<i>Fissurella afra</i>	<i>Cæcum</i> (4 Arten)
— <i>glaucopis</i>	<i>Fasciolaria Fischeriana</i>
— <i>tæniata</i>	<i>Odostomia citrina</i>
<i>Calyptrea chlorina</i>	<i>Cerithium musicum</i>
<i>Aplysia dactylomela</i>	<i>Columbella rufa</i>
<i>Scissurella Grosseii</i>	<i>Ringicula Someri</i>
<i>Littorina simplex</i>	<i>Marginella Sauliæ</i>
— <i>guttata</i>	<i>Venus nodosa</i>

7) Die südafrikanische Provinz.

Die Fauna des Caplandes ist scharf geschieden von den Mollusken des westlichen und östlichen Afrika. Von 400 gefundenen Arten sind 200, hauptsächlich litorale Formen, spezifisch. Man kann die Molluskenfauna des eigentlichen Caplandes von der, welche die Küste Natals bewohnt, gut unterscheiden, denn Natal besitzt folgende, im Indischen Ozean heimische Formen:

<i>Conus hebraeus</i>	<i>Cerithium moniliferum</i>
<i>Cypraea annulus</i>	<i>Planaxis pyramidalis</i>
— <i>caput-serpentis</i>	<i>Turbo coronatus</i>
— <i>Arabica</i>	<i>Natica mamilla</i>
— <i>helvola</i>	<i>Nerita polita</i>
— <i>erosa</i>	— <i>albicilla</i>
— <i>lynx</i>	<i>Dolabella Rumphii</i>
<i>Columbella mendicaria</i>	<i>Bulla ampulla</i>
<i>Nassa arcularia</i>	<i>Umbrella Indica</i>
<i>Purpura Persica</i>	<i>Patella compressa</i>
— <i>mancinella</i>	<i>Oncidium Peroni</i>
<i>Strombus Mauritanus</i>	<i>Ostrea cucullata</i>
— <i>floridus</i>	<i>Modiola auriculata</i>
— <i>gibberulus</i>	<i>Cardita variegata</i>
<i>Murex brevispina</i>	<i>Cardium asiaticum</i>
<i>Pirula paradisiaca</i>	<i>Donax serra</i>
<i>Turbinella nassatula</i>	<i>Tellina pristis</i> .

Dagegen sind folgende Formen südafrikanisch:

<i>Hemisepius typicus</i>	<i>Murex Wahlbergi</i>
Spezia (4 Arten)	— <i>Capensis</i>
<i>Conus rosaceus</i>	— <i>Dunkeri</i>
— <i>Caffer</i>	<i>Typhis arcuatus</i>
— <i>Algoensis</i>	<i>Fasciolaria badia</i>
<i>Cypraea edentula</i>	<i>Turritella Capensis</i>
— <i>Algoensis</i>	<i>Phasianella Capensis</i>
— <i>fuscudentata</i>	— <i>neritina</i>
— <i>Capensis</i>	<i>Littorina Natalensis</i>
<i>Marginella Capensis</i>	<i>Turbo sarmaticus</i>
— <i>zonata</i>	— <i>Natalensis</i>
<i>Mitra picta</i>	— <i>cidaris</i>
— <i>simplex</i>	<i>Trochus Capensis</i>
— <i>Capensis</i>	— <i>cicer</i>
<i>Nassa Kraussiana</i>	— <i>multicolor</i>
— <i>cerealis</i>	— <i>roseus</i>
<i>Bullia laevisima</i>	— <i>zonatus</i>
<i>Buccinum porcatum</i>	— <i>variegatus</i>
— <i>violaceum</i>	— <i>tigrinus</i>
<i>Purpura Wahlbergi</i>	— <i>merula</i>
<i>Triton feticilis</i>	<i>Clanculus miniatus</i>
<i>Ranella argus</i>	<i>Haliotis sanguinea</i>

<i>Aplysia maculata</i>	<i>Chiton Garnoti</i>
<i>Crepidula Capensis</i>	<i>Perna dentifera</i>
— <i>hepatica</i>	<i>Pinna squamifera</i>
<i>Fissurella scutellum</i>	<i>Pectunculus Belcheri</i>
— <i>incarnata</i>	<i>Modiola Capensis</i>
<i>Pupillaea aperta</i>	<i>Nucula pulchra</i>
<i>Siphonaria Capensis</i>	<i>Leda Belcheri</i>
— <i>oculus</i>	<i>Arca Kraussi</i>
— <i>variabilis</i>	— <i>obliquata</i>
<i>Mouretia costata</i>	— <i>Natalensis</i>
<i>Patella</i> (21 Arten)	— <i>acuminata</i>
— <i>cochlear</i>	<i>Donax sordidus</i>
<i>Patella longicosta</i>	— <i>exaratus</i>
— <i>Capensis</i>	<i>Tellina Natalensis</i>
— <i>Tabularis</i>	— <i>Ludwigi</i>
— <i>pruinosa</i>	— <i>littoralis</i>
<i>Chiton</i> (17 Arten)	<i>Mactra Spengleri</i>
— <i>Wahlbergi</i>	<i>Solen Capensis</i> (<i>marginatus</i> Koch)
— <i>tulipa</i>	<i>Panopea Natalensis</i>
— <i>Capensis</i>	<i>Kraussina rubra</i>
— <i>oniscus</i>	— <i>cognata</i>
— <i>gigas</i>	— <i>pisum.</i>

Von europäischen Formen kennt man hier nur *Lasaea rubra* und *Pecten pusio*, während *Mytilus crenatus* und *M. meridionalis* in Südamerika vorkommen.

8) Die indopazifische Provinz.

Diese ungeheuerere Region erstreckt sich von der Ostküste Afrikas und vom Rothen Meer bis nach den Sandwichsinseln, und von der australischen Küste bis nach Japan. Die weite Vertheilung der Mollusken wird bestimmt durch die Verbreitung der Korallenriffe; die Molluskenfauna der indopazifischen Provinz umfasst 6000 Arten.

<i>Nautilus</i>	<i>Ancillaria</i>	<i>Monodonta</i>
<i>Pteroceras</i>	<i>Ricinula</i>	<i>Delphinula</i>
<i>Rimella</i>	<i>Magilus</i>	<i>Liotia</i>
<i>Rostellaria</i>	<i>Melo</i>	<i>Stomatia</i>
<i>Seraphs</i>	<i>Mitra</i>	<i>Stomatella</i>
<i>Conus</i>	<i>Cylindra</i>	<i>Gena</i>
<i>Pleurotoma</i>	<i>Imbricaria</i>	<i>Broderipia</i>
<i>Cithara</i>	<i>Ovulum</i>	<i>Rimula</i>
<i>Clavella</i>	<i>Pirula</i>	<i>Neritopsis</i>
<i>Turbinella</i> (typ.)	<i>Monoptygma</i>	<i>Scutellina</i>
<i>Cyllene</i>	<i>Phorus</i>	<i>Linteria</i>
<i>Eburna</i>	<i>Siliquaria</i>	<i>Dolabella</i>
<i>Phos</i>	<i>Quoyia</i>	<i>Hemipecten</i>
<i>Dolium</i>	<i>Textaria</i>	<i>Placuna</i>
<i>Harpa</i>	<i>Imperator</i>	<i>Malleus</i>

Vulsella	Cardilia	Cutellus
Pedum	Verticordia	Anatina
Septifer	Pythina	Chaena
Cucullaea	Circe	Aspergillum
Hippopus	Clementia	Jouannetia
Tridacna	Glaucomia	Lingula
Hemicardium	Meroe	Discina.
Cypriocardia	Anatinella	

Folgende Arten bewohnen die gesammte Provinz von Afrika bis nach den Philippinen:

Strombus floridus	Purpura Persica
— gibberulus	— sertum
Terebellum subulatum	Nerita polita
Cypraea helvola	— albicilla
— caput serpentis	Conus geographus
Mitra litterata	— nussatella
Columbella mendicaria	— planorbis
Ranella granifera	— vexillum
Nassa arcularia	— miles
Fasciolaria filamentosa	— lividus.

Von den einzelnen Untergebieten der indopazifischen Provinz sind nur wenige genauer umschrieben. Unter den 818 Arten von Sues fanden sich nur 3 mediterrane Formen: *Pecten varius*, *Solecurtus coarctatus* und *Volvula acuminata*.

Formen des Rothen Meeres sind:

Octopus horridus	Conus Erythraensis
Sepia Savignyi	Strombus tricornis
Sepioteuthis Hemprichi	— Ruppelli
Ommaastrephes Arabicus	Cypraea pantherina
Murex Erythraeus	— Erythraensis
— crassispina	Cerithium Ruppelli
— corrugatus	— Erythraense
Fusus marmoratus	Pirenella Calliaudi
Pirula paradisiaca	Planaxis Savignyi
Pleurotona cingulifera	Nerita quadricolor
— flavidula	Smaragdia Feuilleti
Ricinula Savignyi	Turbo Chemnitzianus
Magilus antiquus	Isanda Hemprichi
Harpa crassa	Trochus dentatus
Fasciolaria Andonini	— Erythraeus
Mitra (48 Arten)	— declivis
— Bovei	Monodonta dama
— Osiridis	Clanculus Pharaonis
Ancillaria (10 Arten)	Chiton spiniger
— crassa	— Suezensis
Conus (34 Arten)	Philine Vaillanti

Notarchus Savignyanus	Lucina Fischeriana
Oncidium Peroni	Diplodonta Savignyi
Doris, Tritonia, Æolis etc.	Modiolaria crenobita
Patella rota	Vulsella (8 Arten)
Siphonaria Kurracheensis	— spongiarum
Dentalium subtorquatum	— rugosa
Aspergillum vaguiniferum	Malleus regula
Macra olorina	Crenatula (7 Arten)
Clementia Cumingi	— mytiloides
Asaphis violascens	— avicularis
Psammotella oblonga	Arca Arabica
Tellina Pharaonis	Pectunculus pectiniformis
Cytherea pulchra	Limopsis multistriata
Circe Arabica	Pecten sanguinolentus
— crocea	— senatorius
— Savignyi	Janira Erythraeensis
Dosinia Erythraea	Spondylus aculeatus
Petricola Hemprichi	Pedum spondyloideum
Cardium auricula	Avicula radiata
— Sueziense	Tridacna elongata
Chama Ruppelli	Ostrea cucullata.
Lucina dentifera	

9) Die australo-seeländische Provinz.

Sie wird gebildet aus den Küsten Australiens südlich vom Wendekreis, Tasmanien und Neuseeland. Folgende Formen sind hier weit verbreitet:

Spirula	Phasianella	Myodora
Pinnoctopus	Calcar	Myochama
Voluta	Trochocochlea	Trigonia
Risella	Macroschisma	Crassatella
Struthiolaria	Parmophorus	Cardita
Euchelus	Haliotis	Cypricardia
Diloma	Patella	Mesodesma
Elenchus	Chiton	Anatinella
Cantharidus	Macgillivraya	Clavagella
Bankivia	Amphibola	Terebratella
Clanculus	Siphonaria	Waldheimia.
	Chamostrea	

Australische Formen sind folgende Arten und kommen an der Ostküste, Südküste, Westküste von Australien oder in Tasmanien vor:

Sepioloidea bilineata	Fusus pirulatus
Argonauta tuberculata	— dilatatus
Murex triformis	Triton Spengleri
— Angasi	— Barthelemyi
Trophon Paivaæ	— Quoyi
— Hanleyi	Pleurotoma harpularia

- Pleurotoma* Oweni
Ranella leucostoma
Cominella costata
 — *alveolata*
Eburna australis
Nassa Jacksoniana
Columbella dermestoides
 — *australis*
Nitro nigra
 — *australis*
Purpura textiliosa
 — *succincta*
Ricinuia tuberculata
 — *Adelaidensis*
Oliva australis
 — *pardalis*
Ancillaria oblonga
 — *marginata*
Voluta magnifica
 — *Angasi*
 — *marmorata*
 — *nivosa*
 — *papillosa*
 — *undulata*
 — *fulgetrum*
Fasciolaria fusiformis
Cassia achatina
 — *paucirugis*
 — *semigranosa*
Conus anemone
Cypraea Thersites
 — *bicolor*
 — *umbilicata*
Marginella muscaria
 — *ovulum*
Ovula hordacea
Struthiolaria scutnata
Naticella umbilicata
Natica melanostoma
Anauropsis Mörschi
Natica conica
Cancellaria spirata
Scalaria australis
Solarium Reevei
Cerithium turritella
 — *ebeninum*
 — *australe*
 — *laeve*
Risella lutea
 — *melanostoma*
 — *aurata*
- Littorina unifasciata*
Nerita atrata
Phasianella (8 Arten)
 — *bulimoides*
 — *ventricosa*
 — *sanguinea*
Turbo torquatus
 — *undulatus*
Calcar fimbriatum
 — *tentoriiforme*
Liotia Angasi
 — *australis*
Clanculus undatus
 — *Maugeræ*
 — *homalophilus*
Enchelus baccatus
Thalotia conica
Elenchus badius
 — *iriodon*
Bankivia varians
Trochocochlea constricta
Ziizyphinus chlorostomus
Diloma odontis
Trochus Coxii
 — *Preissianus*
 — *Lehmanni*
Haliotis australis
 — *tricostalis*
Fissurella Jukesii
Macroschisma producta
Parmophorus unguis
Cochleolepas antiquata
Patella limbata
Acmæa conoidea
Chiton (23 Arten)
 — *tulipa*
 — *ciliatus*
 — *australis*
 — *longicymba*
Bulla australis
Philine Angasi
Siphonaria Diemenensis
 — *denticulata*
Aspergillum Strangei
Clavagella australis
Solen vaginoides
Anatina Angasi
Myodora ovata
 — *crassa*
Myochama anomioidea
Chamostrea albidia

<i>Mactra australis</i>	<i>Crassatella castanea</i>
— <i>contraria</i>	<i>Solemya australis</i>
<i>Zenatia acinaces</i>	<i>Modiola australis</i>
<i>Tellina deltoidalis</i>	— <i>albicosta</i>
<i>Mesodesma cuneata</i>	<i>Mytilus hirsutus</i>
— <i>obtus</i>	<i>Avicula pulchella</i>
<i>Psammobia zonalis</i>	<i>Pectunculus radians</i>
— <i>flavicans</i>	<i>Trigonia pectinata</i>
<i>Venus scalarina</i>	— <i>Strangei</i>
— <i>aphrodina</i>	<i>Pecten australis</i>
— <i>australis</i>	— <i>bifrons</i>
<i>Tapes galactites</i>	<i>Ostrea purpurea</i>
<i>Cardium tenuicostatum</i>	<i>Waldheimia flavescens</i>
<i>Crassatella Kingicola</i>	<i>Kraussina Lamarckiana</i> .

Neuseeland besitzt eine abweichende Fauna und hat nur etwa 50 Arten mit Australien und Tasmanien gemein:

<i>Pinnoctopus cordiformis</i>	<i>Risella melanostoma</i>
<i>Pleurotoma Novæ-Zelandiæ</i>	<i>Turritella rosea</i>
<i>Murex Zelandicus</i>	<i>Trochita Novæ-Zelandiæ</i>
— <i>octogonus</i>	<i>Nerita atrata</i>
<i>Trophon ambiguus</i>	<i>Turbo smaragdus</i>
— <i>Paivæ</i>	— <i>granosus</i>
<i>Neptunea Zelandica</i>	<i>Calcar Cooki</i>
— <i>nodosa</i>	— <i>imperiale</i>
<i>Euthria lineata</i>	<i>Rotella Zelandica</i>
<i>Coninella maculata</i>	<i>Trochus viridis</i>
— <i>funerea</i>	— <i>tiaratus</i>
<i>Purpura haustum</i>	— <i>nigerrimus</i>
— <i>textiliosa</i>	— <i>æthiops</i>
— <i>striata</i>	— <i>lugubris</i>
<i>Triton australis</i>	<i>Zizyhinus granatum</i>
— <i>Spengleri</i>	— <i>diaphanus</i>
<i>Ranella leucostoma</i>	<i>Cantharidus iris</i>
— <i>vexillum</i>	— <i>purpuratus</i>
<i>Ancillaria australis</i>	— <i>texturatus</i>
<i>Voluta Pacifica</i>	<i>Bankivia varians</i>
— <i>gracilis</i>	<i>Haliotis iris</i>
<i>Mitra rubiginosa</i>	— <i>rugoso-plicata</i>
<i>Marginella albenscens</i>	— <i>gibba</i>
<i>Cassia pirum</i>	<i>Parmophorus unguis</i>
<i>Cypræa australis</i>	<i>Patella</i> (18 Arten)
<i>Struthiolaria papulosa</i>	— <i>redimiculum</i>
— <i>australis</i>	— <i>radians</i>
— <i>inermis</i>	<i>Chiton</i> (27 Arten)
<i>Trichotropis inornata</i>	— <i>pellis-serpentis</i>
<i>Cancellaria Prailii</i>	— <i>longicymba</i>
<i>Natica Zelandica</i>	— <i>undulatus</i>
<i>Littorina Diemenensis</i>	— <i>biramosus</i>
— <i>cincta</i>	— <i>Zelandicus</i>

Chiton monticularis
Bulla oblonga
Oncidiella nigricans
 — *patelloides*
Siphonaria australis
Panopea Zelandica
Corbula Zelandica
Anatina Tasmanica
Myodora striata
Chamostrea albida
Mactra discors
 — *ovata*
Zenatia acinaces
Vanganella Taylora
Psammobia Stangeri
Tellina alba
Mesodesma Novae-Zelandiae
 — *spissa*
Venus Yatei
 — *Stutchburyi*
Dosinia australis
Tapes intermedius

Venerupis reflexa
Diplodonta Zelandica
Solemya Parkinsoni
Cardita australis
 — *excavata*
Mytilus Magellanicus
Modiola australis
Lithodomus truncatus
Pectunculus laticostatus
Malletia australis
Pecten Zelandiae
Janira laticostata
Placunanomia Zelandica
Ostrea purpurea
 — *glomerata*
Waldheimia lenticularis
Terebratella cruenta
 — *rubicunda*
Magasella Evansi
 — *Cumingi*
Rhynchonella nigricans

10) Die japanische Provinz.

Sie wird gebildet von den Küsten Japans, der Mandchurei und eines Theiles von Korea.

Sepia chrysophthalma
Sepiola Japonica
Octopus areolatus
Conus Sieboldi
Strombus Japonicus
Murex Fournieri
 — *monachus*
 — *Sinensis*
Hemifusus tuba
Fusus nodoso-plicatus
 — *inconstans*
Siphonalia cassidariaeformis
Rapana bezoar
Euthria viridula
Polia lignea
Drillia Japonica
Triton Dunkeri
Purpura luteostoma
Nassa dermestina
 — *balteata*
Dolium luteostomum
Dolium zonatum
Cassis Japonica

Eburna Japonica
Terebra Dussumieri
Voluta rupestris
Lyria cassidula
Cancellaria Spengleriana
Natica janthostoma
Turritella cerea
Cerithium humile
Xenophora pallidula
 — *exuta*
Littorina brevicula
Nerita pica
Rotella gigantea
 — *costata*
Turbo cornutus
Calcar Japonicum
 — *haematragus*
Trochus unicus
 — *Carpenteri*
 — *argyrostomus*
 — *rusticus*
 — *moniliferus*
Stomatella Japonica

<i>Haliotis gigantea</i>	<i>Cardium muticum</i>
<i>Acmaea Schrencki</i>	<i>Arca suberenata</i>
<i>Patella toreuma</i>	— <i>ambigua</i>
<i>Mactra sulcata</i>	<i>Pecten Jessoensis</i>
— <i>veneriformis</i>	— <i>irregularis</i>
<i>Lutraria maxima</i>	— <i>laqueatus</i>
<i>Corbula erythron</i>	<i>Spondylus cruentus</i>
<i>Cæcella Chinesis</i>	<i>Mytilus Dunkeri</i>
<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Pinna Japonica</i>
<i>Cytherea petechialis</i>	<i>Ostrea gigas</i>
<i>Tapes Schnellianus</i>	— <i>rivularis</i>
— <i>Philippinarum</i>	<i>Anomia laqueata</i>
<i>Venus Römeri</i>	<i>Terebratula Davidsoni</i>
<i>Cytherea Chinesis</i>	<i>Terebratulina Japonica</i>
<i>Dosini Japonica</i>	<i>Waldheimia Raphaelis</i>
<i>Soletellina olivacea</i>	<i>Terebratella Coreanica</i>
<i>Tellina prætexta</i>	<i>Rhynchonella Woodwardi</i>
— <i>nitidula</i>	<i>Lingula smaragdina</i> .

Mit den Westküsten Amerikas hat die Provinz gemein:

<i>Siphonalia Kelletti</i>	<i>Lutraria Nuttalli</i>
<i>Triton Oregonensis</i>	<i>Diplodonta orbella</i>
<i>Nassa festiva</i>	<i>Tellina secta</i>
<i>Oliva anazora</i>	— <i>inquinata</i>
<i>Solarium quadriceps</i>	— <i>nasuta</i>
<i>Haliotis gigantea</i>	<i>Cardium Californiense</i>
<i>Crepidula aculeata</i>	<i>Mytilus giganteus</i> .
<i>Cytherea petechialis</i>	

von denen einige wohl irrthümlich dahin gerechnet werden. Von arktischen Formen erreichen Japan:

<i>Saxicava arctica</i>	<i>Crenella faba</i>
<i>Mya arenaria</i>	<i>Nucula tenuis</i>
<i>Modiola modiolus</i>	<i>Cardita borealis</i>
<i>Lasaea rubra</i>	<i>Puncturella Noachina</i> .

11) Die aleutische Provinz.

Sie umfasst das Litoral von Aljaska, das Ochotskische Meer und den Tartarischen Golf; ausser den folgenden speziellen Formen, sind japanische, arktische und kalifornische Arten vertreten:

<i>Purpura lima</i>	<i>Scalaria Ochotensis</i>
<i>Murex lactuca</i>	<i>Velutina cryptospira</i>
<i>Chrysodomus liratus</i>	<i>Oncidiella borealis</i>
— <i>arthriticus</i>	<i>Crepidula grandis</i>
— <i>castaneus</i>	<i>Tectura mitra</i>
<i>Triton Oregonensis</i>	— <i>pelta</i>
<i>Volutharpa ampullacea</i>	— <i>persona</i>
<i>Buccinum Ochotense</i>	<i>Tectura patina</i>
— <i>Kennicotti</i>	<i>Littorina grandis</i>

Littorina subtenebrosa
 — *Mandchurica*
Trochus pulligo
Chiton Wosnessenski
 — *submarinoreus*
 — *tunicatus*
 — *Pallasi*
 — *Brandti*
Cryptochiton Stelleri
Siliqua patula
Solen Krusensterni
Corbula Amurensis
Maetra sulcataria
 — *Sachalinensis*
Tellina venulosa

Von arktischen circumpolaren Formen findet man:

Lepeta caeca
Lacuna vineta
Turritella erosa
Margarita arctica
Natica clausa
Trichotropis borealis
 — *bicarinata*
Pholas crispata
Maetra ovalis
Mya truncata

Tellina lutea
 — *nasuta*
 — *edentula*
Tapes stamineus
Cardium Californiense
Lithodomus Schmidtii
Modiolaria vernicosa
Pecten rubidus
 — *Alaskensis*
 — *Swiftii*
Ostrea gigas
Terebratella caurina
 — *frontalis*
Magasella Aleutica

12) Die kalifornische Provinz.

Sie reicht von Juan de Fuca bis Cap San Lucas. Von Spezialfaunen wären zu erwähnen: Vancouver-Pugetssund-Oregon, Kalifornien, Niederkalifornien.

Octopus punctatus
Monoceros engonatum
Purpura lactuca
 — *saxicola*
Siphonalia Kelletti
Pseudoliva Kelletti
Fusus ambustus
Nassa mendica
Oliva biplicata
Marginella Jewetti
Mitra maura
Ranella Californica
Triton Oregonensis
Natica Lewisi
Cancellaria Cooperi
Conus Californicus
Drillia inermis
Trivia Californica
Cypraea spadicea
Littorina planaxis

Zizyphinus annulatus
 — *costatus*
Chlorostoma funebre
Trochiscus Norrisi
Calcar undosum
 — *gibberosum*
Turbo tessellatus
Haliotis Cracherodi
 — *rufescens*
Lucapina crenulata
Lottia gigantea
Chiton (32 Arten)
Cryptochiton Stelleri
Dentalium pretiosum
Pholadidea penita
Parapholas Californica
Lutraria Nuttalli
Pandora punctata
Periploma argentaria
Mytilimeria Nuttalli

Solen sicarius
Machæra patula
Sanguinolaria Nuttalli
Tellina nasuta
Semele rubrolineata
Cumingia Californica
Saxidomus Nuttalli
Petricola carditoides
Cardium Californiense
Kellia Laperousi

Mytilus Californianus
Septifer bifurcatus
Pecten hastatus
Hinnites giganteus
Placunanomia macroschisma
Ostrea lurida
Terebratula unguiculus
Waldheimia Californica
Terebratella caurina
Lingula albida.

13) Die panamische Provinz.

Sie beginnt mit dem Golf von Kalifornien und reicht bis Payta in Peru. Von der indopazifischen Provinz ist sie streng geschieden, und nur 3 % stimmen in einigen Charakteren mit der Antillenfauna überein.

Oniscia tuberculosa
Ovula variabilis
Cypræa arabicula
 — *cervinetta*
 — *postulata*
Mitra tristis
Oliva (23 Arten)
 — *angulata*
 — *porphyria*
 — *volutella*
Terebra (20 Arten)
Strombus galeatus
Nassa luteostoma
Clavella distorta
Northia serrata
Dolium ringens
Monoceros brevidentatum
Purpura melo
 — *biserialis*
Columbella major
 — *gibberula*
 — *strombiformis*
Murex radix
 — *regius*
 — *salebrosus*
Fasciolaria princeps
Ficula ventricosa
Turbinella caesus
Conus (25 Arten)
Conus puncticulatus
 — *piriformis*
 — *gladiator*
Pleurotomidæ (70 Arten)
Cancellaria (26 Arten)

Natica (17 Arten)
 — *uber*
Scalaria (17 Arten)
Planaxis planicosta
Littorina conspersa
 — *aspera*
Cerithium maculosum
Turritella goniostoma
Cæcum (20 Arten)
Vermetus Panamensis
Calyptrea conica
 — *imbricata*
Crepidula dilatata
Vitrinella (23 Arten)
Trochus pellis-serpentis
 — *reticulatus*
Calcar Buschi
 — *olivaceum*
Turbo saxosus
 — *fluctuosus*
Nerita scabricosta
Fissurella inaequalis
Patella Mexicana
Chiton (27 Arten)
Pholadidea melanura
Paropholas acuminata
Pholas crucigera
Corbula bicarinata
Tellina rufescens
 — *Burnetti*
 — *crystallina*
Cumingia lamellosa
Semele (12 Arten)
 — *pulchra*

Donax puncto-striatus
Cytherea aurantia
Venus gnidia
Anomalocardia subrugosa
Dosinia Dunkeri
Cardium elatum
 — *procerum*
Arca grandis
 — *alternata*

Leda Helenensis
Septifer Cumingi
Pinna maura
Meleagrina Mazatlanica
Pecten ventricosus
Spondylus calcifer
Discina Cumingi
Lingula semen
 — *Audebardi*.

14) Die peruanische Provinz.

Die Schalen dieser Faunen sind oftmals gleichmässig schwarz gefärbt. Von 628 Arten findet sich nur *Siphonaria Lessoni* auf der Ostküste Südamerikas.

Aplysia Inca
Æolis Inca
Bulla Peruviana
Turritella unguolata
Littorina Peruviana
 — *Araucana*
Natica uber
Trochus ater
 — *luctuosus*
 — *tridentatus*
 — *quadricostatus*
Turbo niger
Cypraea nigropunctata
Marginella curta
Oliva Peruviana
Mitra maura
 — *Inca*
Cancellaria bullata
 — *tuberculosa*
 — *cassidiformis*
 — *buccinoides*
Nassa Gayi
Purpura chokolatum
 — *xanthostoma*
Concholepas Peruvianus
Monoceros gigatum
 — *grassilabrum*
Cerithium Peruvianum
Pleurotoma fornicaria
Fusus Fontainei
Triton scaber
Ranella ventricosa
 — *vexillum*
Murex buxeus
 — *labiosus*
Calyptrea rugosa

Calyptrea imbricata
Trochita radians
Crepidula Peruviana
 — *Lessoni*
Siphonaria reticulata
 — *Lessoni*
Fissurella crassa
 — *picta*
 — *Peruviana*
Helcion scurra
Patella zebrina
 — *Araucana*
Chiton (24 Arten)
 — *Peruvianus*
 — *aculeatus*
 — *magnificus*
Pholas Chilensis
Pholadidea Darwini
Solen macha
 — *Gaudichaudi*
Lyonsia cuneata
Mulinia typica
 — *Byronensis*
Mesodesma donacia
Semele solida
 — *corrugata*
Tellina eburnea
Arcopagia solida
Donax obesus
Malletia Chilensis
Nucula pisum
Leda gibbosa
 — *cuneata*
Petricola rugosa
 — *denticulata*
Cytherea lupanaria

Tapes Dombeyi
 Venus Peruviana
 — costellata
 Cardita compressa
 — spurca
 Cardium procerum
 Pectunculus intermedius
 Arca solida
 — obesa
 Mytilus chorus

Lithodomus Peruvianus
 Pecten purpuratus
 — Tumbezensis
 Chama pellucida
 Ostrea æquatorialis
 Anomia Peruviana
 Discina lamellosa
 — levis
 Terebratella dorsata.

15) Die magellanisch-antarktische Provinz.

Sie umfasst das Feuerland und die benachbarten Inseln nebst den Inseln des südlichen Eismeres. Bemerkenswerth ist es, dass die arktischen Gattungen: *Trophon*, *Buccinum*, *Margarita*, *Puncturella*, *Buccinopsis*, *Admete*, *Astarte*, *Cyamium*, welche den wärmeren Meeren fehlen, im Südpolarmeer wieder auftreten:

Octopus megalocyathus
 Euthria antarctica
 Trophon Magellanicus
 Buccinum antarcticum
 — Actonis
 Nassa dentifera
 Bullia cochlidium
 Monoceros imbricatum
 — glabratum
 — calcar
 Voluta Magellanica
 — ancilla
 Lamellaria antarctica
 Natica limbata
 Ranella vexillum
 Fusus uncarinatus
 Daphnella Magellanica
 Cerithium cælatum
 Hydrobia caliginosa
 Chemnitzia americana
 Mathilda Magellanica
 Sclaria brevis
 Trochita pileolus
 Crepidula Patagonica
 Trochus cærulescens
 — tæniatus
 — expansus
 Trochus Magellanicus
 — persicus
 — Malouinianus
 Scissurella conica
 Fissurella picta

Puncturella cognata
 — conica
 — Falklandica
 Rissoa Schythei
 Patella deaurata
 — ferruginea
 — Fuegiensis
 — zebrina
 — barbara
 — mytilina
 — seneca
 Siphonaria Lessoni
 — lateralis
 Oncidiella marginata
 Doris plumulata
 — luteola
 Æolis Patagonica
 Chiton Bowenii
 — fastigiatus
 — setiger
 — illuminatus
 — puniceus
 — viridulus
 — castaneus
 — atratus
 Saxicava antarctica
 Pandora cistula
 Lyonsia Malvinensis
 Mactra edulis
 — marcidia
 Cyamium antarcticum
 Venus exalbida

Astarte longirostris
Cardita Thouarsi
 — *Dewattrei*
 — *apiculata*
Leda sulculata
Modiolarca trapezina
 — *pusilla*
Modiola antarctica
Mytilus Magellanicus

Limopsis Perieri
Pecten natans
 — *corneus*
 — *Patagonicus*
Waldheimia venosa
Terebratella dorsata
Magasella flexuosa
 — *Malvinæ*.

Auf den Kerguelen findet man folgende Arten der nördlichen Halbkugel: *Chiton Belknapi*, *Lasaea rubra*, *Terebratulina septentrionalis*.

Im südlichen Eismeer sind folgende Arten weit verbreitet:

Hydrobia caliginosa
Purpura striata
Euthria antarctica
Trochus expansus
Siphonaria redimiculum
Patella Fuegiensis
 — *mytilina*
 — *ænea*
 — *Delesserti*
 — *deaurata*
Chiton lineolatus

Chiton atratus
Lasaea rubra
Venus Stutchburyi
Lima pygmæa
Modiolarca trapezina
 — *minuta*
Mytilus Magellanicus
 — *chorus*
Terebratella dorsata
Rhynchonella nigricans.

16) Die patagonische Provinz.

Sie beginnt von 40° S. Br., umfasst La Plata, Uruguay und einen kleinen Theil von Brasilien bis St. Catharina.

Octopus Tehuelchus
Pleurobranchus Patagonicus
Scalaria elegans
 — *semistriata*
Natica limbata
 — *Isabelleana*
Trochus Patagonicus
Olivina Puelchana
 — *Tehuelchana*
Olivancillaria Brasiliensis
 — *auricularia*
Voluta angulata
 — *Brasiliana*
 — *Magellanica*
 — *ancilla*
Columbella Sertulariarum
Nassa Isabellei
Bullia cochlidium
 — *Lamarcki*
 — *globulosa*

Terebra Patagonica
Pleurotoma Patagonica
Trophon Patagonicus
Crepidula protea
 — *Patagonica*
Fissurella radiosa
 — *Patagonica*
Fissurellidea megatrema
Chiton Tehuelchus
 — *Isabellei*
Pholas lanceolata
 — *subtruncata*
Solen scalprum
Panopea abbreviata
Mactra Isabelleana
 — *Patagonica*
Periploma compressa
 — *ovata*
Lyonsia Patagonica
 — *Alvarezi*

Solecurtus Platensis
 Lavignon papyraceus
 Mesodesma solenoides
 Leda Patagonica
 Petricola Patagonica
 Venus Tehuelcha
 — Alvarezii
 — purpurata
 Corbula Patagonica
 Lucina Patagonica
 Nucula Puelcha

Nucula semiornata
 Pinna Patagonica
 Mytilus Darwinianus
 — falcatus
 — Platensis
 — Patagonicus
 Lithodomus Patagonicus
 Pecten Tehuelchus
 — Patagonicus
 Ostrea Puelchana.

17) Die karaimische Provinz.

Die Küsten des Golfes von Mexiko, die Antillen und die Süd-amerikanische Küste bis Rio gehören hierher. Sie mag über 1500 Arten enthalten, unter denen mehrere Gattungen sonst ausgestorben sind: *Pholadomya*, *Pleurotomaria* und *Murchisonia*.

Octopus filiosus
 Argonauta argo
 Loligo Brasilensis
 — Pleei
 Sepioteuthis sepioides
 Onychoteuthis Caribæa
 Ommastrephes Bartrami
 — pelagicus
 Spirula fragilis
 —
 Strombus gigas
 — costatus
 — gallus
 — pugilis
 Ranella Thomæ
 — crassa
 Triton variegatus
 — femoralis
 — Martinianus
 Cassis testiculus
 — flammæa
 Oniscia oniscus
 — Dennisoni
 Dolium Antillarum
 Ficula reticulata
 Cypræa exanthema
 — flaveola
 — pediculus
 Pachybatron cassidiforme
 Ovula gibbosa
 — acicularis
 Marginella (50 Arten)

Marginella prunum
 — albo-lineata
 Oliva reticularis
 — Brasiliana?
 — conoidalis
 Voluta musica
 — Beau
 Volvaria pallida
 Conus mus
 — proteus
 — daucus
 — Mazei
 Pleurotoma limnaeiformis
 — Guildingi
 Pirula melongena
 — morio
 Fasciolaria tulipa
 Turbinella muricata
 Murex elegans
 — Cailleti
 — Beau
 — Pazi
 Purpura Floridana
 — patula
 Mitra striatula
 — granulosa
 Columbella mercatoria
 — cribraria
 Phos Antillarum
 Nassa Antillarum
 Terebra Jamaicensis
 Sigaretus Antillarum

Sigaretus zonatus
Natica fuscata
 — *canrena*
Hipponyx antiquatus
Calyptrea equestris
Crepidula aculeata
Xenophora conchyliophora
 — *Caribaea*
Rissoina (25 Arten)
Cerithidae (80 Arten)
Planaxis lineata
Turritella imbricata
Modulus unidens
Littorina (25 Arten)
 — *tuberculata*
 — *muricata*
 — *angulifera*
Scalaria (40 Arten)
Pyramidella dolabrata
Chemnitzia (22 Arten)
Turbo Spenglerianus
 — *castanea*
 — *Cailleti*
Calcar longispina
 — *celatum*
 — *tuber*
Trochus excavatus
 — *pica*
Pleurotomaria Quoyana
 — *Adansoniana*
Murchisonia (?) *spectrum*
Fissurella Barbadosensis
 — *nodosa*
Clypidella pustula
Submarginula clausa
Patella pulcherrima
 — *Cubensis*
Chiton squamosus
 — *marinoratus*
Chitonellus strigatus
Bulla solida
Cylindrobulla Beau
Dolabrifera ascifera
Notarchus Pleei
Aplysia protea
Lobiger Souverbianus
Tridachia crispata
Doridium gemmatum
Pleurobranchus areolatus
Doris Crucis
Bornella calcarata

Hermæa viridis, —
Gastrochaena Chemnitziana
Martesia striata
Solen ambiguus
Machæra fragilis
Macra fragilis
 — *Guadelupensis*
Pholadomya candida
Eucharis quadrata
Corbula Lavalleana
Periploma inequivalis
Ervilia nitens
Semele variegata
 — *reticulata*
Iphigenia Brasiliensis
Donax denticulatus
Tellina radiata
 — *punicea*
 — *lineata*
 — *Mexicana*
Arcopagia fausta
Strigilla carnaria
 — *pisiformis*
Sanguinolaria sanguinolenta
Asaphis coccinea
Anomalocardia flexuosa
Cytherea maculata
Venus paphia
 — *cancellata*
Lucina tigrina
 — *Jamaicensis*
 — *edentula*
 — *Pensylvanica*
Cardium bullatum
 — *medium*
 — *isocardia*
Chama arcinella
 — *macrophylla*
Crassatella Guadelupensis
Pectunculus castaneus
Arca Helblingi
 — *Brasiliana*
Perna seminuda
 — *obliqua*
Mytilus exustus
Modiola citrina
Lithodomus cinnamomeus
Malleus Candeanus
Avicula macroptera
Pecten nodosus

Pecten zic-zac
Spondylus americanus
Plicatula plicata
 — *ramosa*
Ostrea limacella
 — *parasitica*
Anomia simplex
Placunanomia abdominalis.

Terebratula Cubensis
Terebratulina Cailleti
Cistella Barretti
 — *Schrammi*
Thecidium Barretti
 — *Mediterraneum*
Crania Pourtalesi
Discina Antillarum
Lingula Antillarum.

12 Arten von *Triton* der Antillen lassen sich von indischen Arten kaum unterscheiden, auch *Cassis tuberosa*, *Dolium perdx*, *Ficula reticulata*, *Bulla physis* sind beiden Ozeanen gemein.

18) Die transatlantische Provinz.

Sie reicht vom Florida bis zum Cap Cod.

Loligopsis pavo
Loligo punctata
 — *Pealei*
Conus mus
Fusus cinereus
Nassa obsoleta
 — *trivittata*
 — *vibex*
Purpura Floridana
Terebra dislocata
Pirula papyracea
Fulgur caricum
 — *canaliculatum*
 — *perversum*
Oliva litterata
Marginella carnea
Voluta Junonia
Fasciolaria distans
Columbella avara
Ranella caudata
Natica duplicata
Sigaretus perspectivus
Scalaria lineata
 — *multistriata*
 — *turbinata*
Cerithium ferrugineum
 — *Emersoni*
Triforis nigrocincta
Turritella interrupta
 — *concava*
Vermetus radicola
Calyptraea striata
Crepidula convexa
 — *fornicata*

Littorina irrorata
Fissurella alternata
Chiton apiculatus
Tornatella punctato-striata
Bulla insculpta
Pholas costata
 — *truncata*
Pandora trilineata
Lyonsia hyalina
Cochlodesma Leannum
 — *papyraceum*
Corbula contracta
Solecurtus Caribaeus
 — *fragilis*
Donax fossor
 — *variabilis*
Cumingia tellinoides
Semele aequalis
Tellina (9 Arten)
 — *tenta*
Mesodesma arctatum
Lutraria canaliculata
Mactra solidissima
 — *lateralis*
 — *similis*
Petricola pholadiformis
 — *dactylus*
Venus mercenaria
 — *Mortoni*
 — *gemma*
Cardita incrassata
Cytherea convexa
Astarte Mortoni
 — *lunulata*.

Cardium Mortoni
Solemya velum
 — borealis
Arca ponderosa
 — pexata
 — incongrua
 — transversa
Pinna muricata (?)

Modiola Carolinensis
 — plicatula
Mytilus hamatus
Avicula atlantica
Pecten irradians
Ostrea equestris
Lingula pyramidata.

Auf Grund seiner Studien in Mittelamerika kam A. D'ORBIGNY¹⁾ zu dem Schluss, dass die Verschiedenheit der Faunen an beiden Küsten durch die verschiedene Konfiguration derselben bedingt ist. Unter 95 Gattungen leben 50 nur entweder an der felsigen pazifischen oder nur an der flachen atlantischen Küste.

Die Meeresströmungen verbreiten alle eurythermen Mollusken über das von ihnen bespülte Gebiet. Am Atlantik sind 12 Arten über 19 Breitengrade verbreitet, und am Pazifik 15 Arten über 22 Breitengrade.

Zwei benachbarte Meere, die zwar zusammenhängen, aber durch ein gegen den Pol gerichtetes Cap getrennt werden, können ganz verschiedene Faunen haben.

In demselben Ozean oder auf demselben Kontinent werden durch die Temperaturzonen verschiedene Faunen voneinander getrennt.

Unter derselben Temperaturzone, an den einer Strömung benachbarten Küsten, können die Strömungen die Faunen gliedern.

Auf einem Archipel kann eine von dem benachbarten Kontinent ganz verschiedene Fauna leben, wenn sie durch Strömungen isoliert wird. Verschiedenartige Faunen können an benachbarten Küsten auftreten, wenn die Bodengestalt der Küsten verschieden ist.

Sobald man dieselben Arten über eine weite Erstreckung, in demselben Becken aber unter wechselnder Breite, verbreitet findet, so dürften die Ursachen hierfür in Strömungen zu suchen sein.

Identische Arten in zwei benachbarten Meeresbecken sprechen für direkte Kommunikation zwischen denselben.

Selbst die grössten Flüsse haben nicht den geringsten Einfluss auf die Zusammensetzung der benachbarten marinen Faunen.

1) A. D'ORBIGNY, Comptes Rend. Acad. Paris XIX, S. 1077.

13. Lamellibranchiata.

Bei der Ausarbeitung wurden vornehmlich folgende Abhandlungen benutzt:

C. B. ADAMS, Catalogue of Shells collected at Panama. New-York 1852.

BROWN, The Mollusca of the Firth of Clyde. 1878.

COLLIN, Om Limfjordens Marine Fauna.

DALL, Preliminary Report on the Collection of Mollusca of the Albatross Expedition. Proc. Nat. Mus. XII, 1889.

FORBES, Rep. British Association Adv. Sc. 1844.

FORBES, The infralittoral distribution of Marine Invertebrata of the Coasts of Great Britain. Brit. Ass. 1850.

GWYN JEFFREYS, On the Mollusca procured during the Lightning and Porcupine Expedition. Proc. Zool. Soc. 1879, S. 553; 1881, S. 693, 922.

GWYN JEFFREYS, Mediterranean Mollusca, A. Mag. Nat. Hist., 5. Ser., X, 28.

GWYN JEFFREYS, New and peculiar Mollusca of the Valorous Expedition. Ann. Mag. Nat. Hist., 4. Ser., XVIII, 424, 490.

HELLER, Horae dalmatinae. 1863.

HERDMAN, On the invertebrate Fauna of Lamlash Bay. Proc. Phys. Soc. 1880, Dezember.

JOHNSTON, Einleitung in die Konchyliologie. Stuttgart 1883.

LORENZ, Physikal. Verh. und Verh. der Org. im Quarnerischen Golf. Wien 1868.

MC. ANDREW, On the Comparative Size of Marine Mollusca in various Latitudes of the European Seas. Ann. Mag. Nat. Hist., 3. S., V, 116, 198.

MC. ANDREW, On Testaceous Mollusca obtained in the Gulf of Suez. Ann. Mag. Nat. Hist., 4. S., VI, 420.

METZGER, Zool. Ergebnisse der Nordseefahrt. 1872.

PARKER & JONES, On some Foraminifera from the Northatlantic and Arctic Oceans including Davis Str. and Baffins Bay. Phil. Trans. R. Soc. I, 155, S. 325.

G. O. SARR, Mollusca regionis arcticae Norvegiae. Christiania 1878, S. 352—356.

SMITH, Report on the Lamellibranchiata collected by H. M. S. Challenger. Chall. Rep. Zool. Vol. XIII, I.

STUDER, Meeresfauna von Kerguelensland. Forschungsreise S. M. S. Gazelle III, 154.

STUXBERG, Faunan pa och kring Novaja Semlja.

D'URBAN, Zoology of Barents Sea. Ann. Mag. Nat. Hist., 5. Ser., VI, 265.

WEINKAUFF, Die Conchilien des Mittelmeeres. Kassel 1867.

WHITEAVES, Deep Sea Dredgings in the Gulf of St. Lawrence. Ann. Mag. Nat. Hist., 4. Ser., X, 348.

und andere Abhandlungen.

Die Muscheln (Bivalven, Lamellibranchiaten, Acephalen) sind bilateral-symmetrische Weichthiere ohne Kopf, ohne Segmentation. Der fingerförmige oder lappige Körper setzt sich meist nach vorne fort in einen muskulösen Fuss. Beiderseits des Körpers liegen zwei Kiemenblätter, welche aus gitterförmig verbundenen Fäden bestehen, und auf ihrer Oberfläche mit einem wimpernden Epithel bedeckt sind. Die äussere Kieme ist oftmals klein und rückgebildet.

Der ganze Körper wird von dem Mantel umschlossen, einem häutigen Sack, der die Kalkschale der Muschel abscheidet. Der Mantel zeigt eine mehr oder weniger grosse, untere Oeffnung zum Austritt des Fusses und zwei hintere Oeffnungen, welche oftmals in lange Röhren ausgezogen sind, die sogenannten Siphonen. Die beiden Schalenklappen liegen dem Mantel dicht auf. Sie werden durch ein elastisches Band, das Ligament, selbstthätig klaffend geöffnet, während ein oder zwei Muskeln, quer durch den Schalenhohlraum verlaufend, dem Ligament entgegenarbeiten, und durch ihre Kontraktion die beiden Schalen schliessen.

Zu den beiden¹⁾ Schliessmuskeln von *Anodonta cygnea* gehen zwei Klassen von Nervenfasern, von denen die eine die Muskeln kontrahirt, die andere erschlaffen macht. Die ersten Nerven entspringen für den hinteren Schliessmuskel aus dem hinteren, für den vorderen Muskel aus den beiden vorderen Nervenknoten. Die erschlaffend wirkenden Nerven treten nur aus den vorderen Ganglien hervor. Zur Erschlaffung der Muskeln genügt es nicht, dass die Nerven, welche die Kontraktion veranlassen, ausser Thätigkeit treten. Es bedarf dazu vielmehr direkter Einwirkung der erschlaffend wirkenden Nerven.

Die meisten Muscheln sind getrenntgeschlechtlich, nur bei²⁾ *Cyclas*, *Pecten*, *Ostrea*, *Clavagella*, *Pandora* kommen Zwitter vor.

Unio, *Anodonta*, *Cyclas*, *Galcomma*, *Montacuta*, *Kellia* sind lebendiggebärend, bei anderen Geschlechtern lebt die Brut meroplanktonisch. Die Muschelthiere der europäischen Meere sind im Frühling und Frühsommer gewöhnlich voll junger Brut; manche Arten sollen sich mehrmals im Jahre fortpflanzen. Im Mai³⁾ und Juni sind Muschel-larven im Plankton bei Neapel ziemlich häufig.

*Ostrea virginiana*⁴⁾ produziert neun Millionen Eier.

Die Embryonen⁵⁾ von *Anodonta* hängen sich an Fische an, und werden lange Zeit von diesen herumgetragen. Nach VOGT⁶⁾ wächst die Perlmuttersehe von *Ostrea* im Sommer.

Der Mund der Muscheln hat die Form eines Querspaltes, und liegt am Vorderende des Körpers tief versteckt zwischen dem Fuss und dem vorderen Muskel oder einer Mantelfalte. Vor und hinter dem Munde stehen die dreieckigen Mundlappen, welche gekerbt und mit Wimperepithel überzogen sind. Kauwerkzeuge sind nicht vorhanden, und so sind die meisten Muscheln auf das im Athmungswasser schwebende Plankton als Nahrung angewiesen. Austern leben oft von

1) PAWLLOW, Abh. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur, 1885, S. 142.

2) CLAUD, Lehrbuch der Zoologie, 1885, S. 520.

3) LOBIANCO, Mitth. Zool. Stat. Neapel, 1888, S. 415.

4) BROOKS, Arch. Zool. Expér. IX, S. XXVIII.

5) SCHIERHOLZ, Zeitschr. f. wissensch. Zool., 1879, S. 484.

6) C. VOGT, Ozean u. Mittelmeer, S. 103.

Navicula und anderen Diatomeen; *Cyprina islandica* und *Modiola vulgaris* sind räuberische Fleischfresser und verschlingen an den Englischen Küsten oftmals Fischköder.

Die beiden röhrenartigen Verlängerungen des hinteren Mantelrandes heissen Siphonen. Durch den unteren „Kiemensiphon“ tritt das Wasser in die Muschel ein, bespült die Kiemen, wird durch die Flimmerhaare seiner Nahrungsbestandtheile beraubt, und tritt durch den oberen „Kloakensiphon“ wieder heraus.

Die Siphonen sind frei oder miteinander verwachsen und können zu sehr beträchtlicher Länge ausgestreckt werden. Die Länge der Siphonen wechselt mit der Lebensweise der Muscheln, und ist bei sandbewohnenden Formen am grössten.

Sinnesorgane sind wenig entwickelt. Am Mantelrand treten Säume von Fühlfäden auf, Ötolithen sind durch v. SIEBOLDT bei *Cyclas cornea* im Fusse beobachtet worden. Augen¹⁾ treten bei *Pecten*, *Spondylus*, *Ostrea*, *Pinna*, *Arca*, *Pectunculus*, *Mytilus*, *Cardium*, *Tellina*, *Macra*, *Venus*, *Solen*, *Pholas* am Mantelrande auf.

Bei den Tiefseemollusken²⁾ verschwindet oft das Gesichtsorgan, während der Tastsinn, stark entwickelt, in Labialtastern und Siphonal-tentakeln ausgeprägt erscheint. Die Athmungsthätigkeit wird geringer, und die Kiemen werden rudimentär.

Die meisten Muscheln bewohnen das Meer, *Unio*, *Margaritana*, *Anodonta*, *Cyclas*, *Pisidium*, *Corbicula*, *Mülleria*, *Aetheria*, *Cyrena*, *Dreysena* leben im Süsswasser.

Die Süsswassermollusken³⁾ sind durch grosse Variabilität ausgezeichnet. Ihre dicke Epidermis und die oft korrodirtcn Wirbel lassen sie leicht von marinen Muscheln unterscheiden, doch gleicht *Cardium grönländicum* in dieser Hinsicht vollkommen den Süsswassermuscheln und auch *Mya arenaria* hat oft abgeriebene Wirbel und eine dicke Epidermis.

Manche marine Arten sind sehr euryhalin und dringen in brackische oder fast süsse Gewässer hinein. Zu den in Bd. I, S. 63 erwähnten Beispielen sei noch folgendes bemerkt: An der Küste von Oran⁴⁾ fand VÉLAIN in trinkbarem Wasser *Cardium edule*, *C. rusticum* und *Solen sp.* Eine *Solen Dombeyi* Lk. lebt im Gangesschlamm, *Tellina solidula* (*balthica*) in der Ostsee, *Melcagrina margaritifera* auf der Insel Bourbon in halbsüßem Wasser. *Mya arenaria* kommt zusammen mit Süsswassermollusken vor.

Corbula labiata (Mya?) lebt an der Mündung des La Plata, eine *Cucullaea* findet sich im Ganges.

Die marinen Muscheln finden sich von der Schorre bis zu den grössten Tiefen auf jeder Facies, doch ist die Beschaffenheit der letzteren massgebend für den Charakter der Fauna. Auf Felsen angewachsen sitzen *Ostrea*, *Anomia*, *Pedum*, *Spondylus*. Mit Hilfe von Byssusfäden befestigen sich: *Pecten*, *Avicula*, *Unio*, *Byssarca*, *Lima*, *Mytilus*, *Pinna*, *Byssomya*, *Kellia*, *Saxicava*, *Aspergillum*.

1) WILL., Ray. Soc. London 1847.

2) PELSENER, Chall. Rep. Zool. XXVII, S. 40.

3) BOETTGER Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt 1878, S. 504.

4) VÉLAIN, Bull. Soc. Geol. 1878, III, VI, S. 197.

In Felsen und Holz bohren: *Pholas*, *Lithodomus*, *Saxicava*, *Teredo*, *Gastrochaena*, *Venerupis*, *Fistulana*.

Lima hians, *Crenella discors* und *Gastrochaena modiolina* spinnen sich aus Fremdkörpern mit einem Drüsensekret Nester, in denen sie versteckt leben; und im Golf von Biskaya lebt auf sehr weichem Schlamm eine *Modiolaria lutea*, welche durch ihren netzartig ausgebreiteten Byssus sich vor dem Einsinken schützt.

Eine grosse Zahl von Muscheln leben im Sande oder Schlamm vergraben, und sind als „Siphonaten“ durch ihre langen Athemröhren ausgezeichnet.

Wenn eine *Solen* aus der Wohnhöhle herausgenommen und auf den Sand gelegt wird, streckt sie ihren Fuss in voller Länge aus und krümmt ihn so, dass sein Ende als Bohrer dienen kann. Wenn dieses Ende in den Sand eingedrungen ist, richtet sie die Schale erst schief, dann senkrecht auf, welche dann rasch im Sande verschwindet. Auf festem Meeresboden vermag *Solen* durch Ausstossen von Wasser aus den Siphonen ein bis zwei Fuss lange Sprünge zu machen, bis sie einen Boden findet, in welchen sie sich einwühlen kann.

Wenn eine Muschel sich eingraben will, so dehnt sie ihren Fuss so aus, dass er halb durchsichtig wird. Dann drückt sie ihn in den Sand ein, bis er fast ganz darin verschwunden ist. Darauf bewegt sich die Schale im Kreise in Rücken von 20—30 Sekunden. Ist die Schale erst soweit eingegraben, dass sie sich auf ihrem Rande aufrecht erhalten kann, so rückt sie rascher vor und sinkt bei jedem Ruck sichtbar tiefer ein, bis nur noch die Enden der Siphonen aus dem Sande herausragen. So können sie sich 1—2 Fuss tief eingraben. Einige graben sich kaum so tief ein, als ihre Schale lang ist, andere Arten versenken sich 60 cm tief in das Sediment. In diesen Röhren bewegen sich die Muscheln sehr behende auf- und abwärts und entgehen dadurch leicht allen Nachstellungen. Wenn *Mactra* sich eingraben will, dann bewegt sie ihren Fuss wackelnd im Sande und schneidet sich eine Grube hinein. Sie kann auf diese Weise auch horizontal kriechen. Die Muskelkontraktion des Fusses lässt die Siphonen verschlossen.

Lima, *Pecten* und einige *Ostrea* (in der Jugend) können durch kräftiges Zusammenklappen ihrer Schale auch im Wasser umherschweben. Beim Zusammenschlagen der Schalen von *Pecten* legen sich die Mantelränder fest aufeinander, das Wasser wird beiderseits des Schlosses herausgepresst, und durch den Ruckstoss erhebt sich die Muschel über den Meeresboden. Entsprechend der Richtung ihrer Wohnhöhle stecken die meisten Sandbewohner senkrecht im Sediment mit dem Vorderende nach unten.

Lässt man zu einem Aquarium, in dessen Sandboden siphonate Muscheln eingegraben sind, Süsswasser hinzuströmen, oder unterbricht man den Zufluss frischen Wassers längere Zeit, dann sieht man oft die Muscheln auf die Sedimentoberfläche herauskommen, um dort zu sterben. *Tellina*¹⁾, *Solen*, *Psammobias*schalen fallen nach dem Tode der Thiere sofort auseinander, indem das Ligament zerstört wird,

1) FORBES, Ann. Mag. Nat. Hist. IV, S. 220.

während die beiden Klappen von *Ostrea*, *Mastra*, *Venus*, *Cardium* noch längere Zeit zusammenhalten.

Durch parasitische Algen¹⁾, sowie durch bohrende Schwämme (*Vioa*) werden in lebenden Muschelschalen Gänge gebohrt. Von den Feinden der Muscheln hätten wir: Krebse, Echinodermen, Schnecken, Fische, Vögel und Säugethiere (*Trichechus*) zu nennen.

An manchen Gestaden beobachtet man in grösserer Zahl nur rechte oder linke Schalen von Muscheln, eine Erscheinung, die nach STUDER²⁾ folgenden Grund hat:

Bei Stürmen wühlt der Wellendrang den nicht sehr tiefen, allmählig sich senkenden Meeresgrund auf, und schleppt die leeren Schalen der Muscheln fort. Da wir uns die leeren Schalen im Meer nach dem Tod der Muschel offen, mit einander zugekehrten Wirbeln denken müssen, so wird die Strömung je nach ihrer Richtung mehr Gewalt auf die eine, als auf die andere Schale üben. Durch die Wirbel wird der Strömung ein Hebel geboten, der die Schalen in der Richtung der Wirbel fortreibend, die eine Schale ans Land, die andere in das Meer führt. So fand GRESSLY nur eine Klappe von Muscheln am Strand von Plage d'Adge, und STUDER beobachtete vorwiegend rechte Klappen von *Cardium*, *Venus*, *Pecten* auf Madeira.

Abra alba Wood

5—40 f.
9—73 m.

Abra longicallis Scacchi

30—1019 f.
54—1862 m.

Aetheria

auf Felsen in Afrikanischen Flüssen (Nil, Rukajura etc.)

Amaroccium glabrum

Seichtwasser.

Amphidesma cornucum Poli.

1—2 f.
1—3 m.

Amphidesma castancum Mont.

12—162 f.
21—295 m.

Amphidesma ellipticum

auf Sandstellen im Korallenriff

9 f.
16 m.

Amussium fenestratum Forb.

50—250 f.
91—456 m.

Amussium Hoskynsi Forb.

30—650 f.
54—1188 m.

Amussium lucidum Jeffr.

156—1450 f.
284—2651 m.

1) WEDE, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Wien 1878, S. 451.

2) STUDER, Gazelle III, S. 1.

Amussium meridionale Sm.

1375—1800 f.
2514—3291 m.

Amussium pleuronectes L.

20—28 f.
36—51 m.

Anatina elliptica K. Br.

6—28 f.
10—51 m.

Anatina pusilla Phil.

10—20 f.
18—36 m.

Angulus tener Ad.

1—12 f.
1—21 m.

Anodonta

Süßwasser.

Anodonta rostrata

lebt zu Tausenden im Grossen Langbathsee, an den der Sonne zugewandten Stellen, zur Hälfte aus dem Schlamm herausschauend. Auf der freien Schalenhälfte ist durch eine Alge *Euactis calcivora* eine Kalkkruste ausgeschieden, welche auch alle Steine fleckenweise überzieht.

Anomia aculeata L.

1—400 f.
1—731 m.

Anomia ephippium L.

auf Steinen, Schalen, Seepflanzen, sehr varietätenreich, meist

1—40 f. doch bis 1450 f.
1—73 m 2651 m.

Anomia lampe

1—60 f.
1—109 m.

Anomia laqueata Reeve

50 f.
91 m.

Anomia margaritacea Brug.

20—45 f.
36—82 m.

Anomia patelliformis L.

1—420 f.
1—767 m.

Anomia polymorpha Phil.

20—30 f. † 140 f.
36—54 m. † 255 m.

Anomia striata Brocchi

10—50 f.
18—91 m.

Aphrodita grönländica Chem.

5—10 f.
9—18 m.

<i>Arca Adamsi</i> Shutt.	20 f. 36 m.
<i>Arca alterata</i>	12 f. 21 m.
<i>Arca antiquata</i> L. Seichtwasser	† 50 f. † 91 m.
<i>Arca barbata</i> L.	2—100 f. 3—182 m.
<i>Arca corpulenta</i> Sm.	200—2425 f. 365—4434 m.
<i>Arca emarginata</i>	6—8 f. 10—14 m.
<i>Arca glacialis</i> Gray	25—1622 f. 45—2966 m.
<i>Arca glomerula</i> Dall.	497 f. 908 m.
<i>Arca imitata</i> Sm.	2900 f. 5303 m.
<i>Arca lactea</i> Mont.	1—300 f. 1—548 m.
<i>Arca navicularis</i> Brug.	3—40 f. 5—73 m.
<i>Arca Noae</i> L.	2—32 f. 3—58 m.
<i>Arca nodulosa</i> Müll.	10—250 f. 18—456 m.
<i>Arca obliqua</i> Phil.	50—544 f. 91—994 m.
<i>Arca pectunculoides</i> Seacchi	1—300 f. 1—548 m.
<i>Arca pectunculoides</i> , var. <i>septentrionalis</i> Sc.	337—464 f. 615—848 m.
<i>Arca pteroessa</i> Sm.	1875—2435 f. 3428—4453 m.

<i>Arca varidentata</i> Wood	
gross in Norwegen, kleiner an den Hebriden, am kleinsten bei Gibraltar	20—150 f. 36—273 m.
<i>Arca tetragona</i> Poli.	30—450 f. 54—822 m.
<i>Arca tuberculosa</i> an Mangroveästen.	
<i>Arcinella plicata</i> Mont.	20—300 f. 36—548 m.
<i>Artemis exoleta</i> Forb.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Artemis linctæ</i> Pult.	1—60 f. 1—109 m.
<i>Asaphis deflorata</i> L. in pflanzenbewachsenem Schlamm einige Centimeter tief eingegraben.	
<i>Astarte bipartita</i> Ph.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Astarte borealis</i> Ch.	8—62 f. 14—113 m.
<i>Astarte compressa</i> Mont.	3—2000 f. 5—3657 m.
<i>Astarte crenata</i> Grg.	88—210 f. 160—383 m.
<i>Astarte elliptica</i>	33 f. 60 m.
<i>Astarte incrassata</i> Broc.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Astarte lactea</i> B. S.	30—70 f. 54—128 m.
<i>Astarte lens</i>	1—430 f. 1—785 m.
<i>Astarte Macandrewi</i> Sm.	70 f. 128 m.

<i>Astarte magellanica</i> Sm.	20—150 f. 36—273 m.
<i>Astarte pusilla</i> F.	70 f. 128 m.
<i>Astarte quadrans</i>	27 f. 49 m.
<i>Astarte semisulcata</i> Park.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Astarte sulcata</i> da Costa gross in England, kleiner nach Finnmarken und nach Gibraltar zu werdend	5—550 f. 9—1005 m.
<i>Astarte triangularis</i> häufig auf den Hebriden, fehlt in Skandinavien, selten aber gross bei Gibraltar.	
<i>Astarte undata</i> G.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Avicula crocea</i> Chem. zwischen <i>Mytilus</i> am Felsen angeheftet.	
<i>Avicula georgiana</i> auf Seepflanzen angeheftet.	
<i>Avicula hirundo</i> L.	1—205 f. 1—374 m.
<i>Avicula smaragdina</i> Reeve	3—12 f. 5—21 m.
<i>Avicula squamulosa</i> Lam.	30 f. 54 m.
<i>Avicula tarentina</i> Lam.	8—75 f. 14—137 m.
<i>Axinea arabica</i> H. Ad.	8—10 f. 14—18 m.
<i>Axinopsis orbiculata</i> Sars	2—120 f. 3—218 m.
<i>Axinus cycladicus</i> Wood.	30—1750 f. 54—3199 m.
<i>Axinus cumyarius</i> Sars	200—1456 f. 365—2662 m.

<i>Axinus ferruginosus</i> Forb.	25—119 f. 45—216 m.
<i>Axinus flexuosus</i> Mont.	2—1012 f. 3—1849 m.
<i>Axinus incrassatus</i> Jeffr.	40—1785 f. 73—3263 m.
<i>Axinus obesus</i> Verrill	50—60 f. 91—109 m.
<i>Axinus planatus</i> Jeffr.	432—544 f. 789—994 m.
<i>Axinus subovatus</i> Jeffr.	1300—1408 f. 2377—2574 m.
<i>Basilissa alta</i> W.	390 f. 712 m.
<i>Basilissa lampra</i> W.	2050 f. 3748 m.
<i>Bornia corbuloides</i> Phil.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Bushia panamensis</i> Dall	51 f. 93 m.
<i>Byssomya Guerinii</i> Payr.	178 f. 1714 m.
<i>Callista convexa</i>	3—30 f. 5—54 m.
<i>Callista florida</i> Lam.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Callocardia</i> (?) <i>Adamsii</i> Sm.	2450 f. 4480 m.
<i>Callocardia atlantica</i> Sm.	1000 f. 1828 m.
<i>Callocardia guttata</i> Ad.	48 f. 87 m.
<i>Callogonia Lecana</i> Dall	880 f. 1609 m.

<i>Capsa fragilis</i> L.	1—30 f. 1—54 m.
<i>Cardita aculeata</i> Phil.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Cardita affinis</i>	6—12 f. 10—21 m.
<i>Cardita astartoides</i> Mart.	20—274 f. 36—500 m.
<i>Cardita calyculata</i> Lam.	1—120 f. 1—218 m.
<i>Cardita corbis</i> Ph.	6—552 f. 10—1009 m.
<i>Cardita excavata</i> Desh.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cardita laticostata</i>	6—12 f. 10—21 m.
<i>Cardita squamosa</i> Lam.	15—95 f. 27—173 m.
<i>Cardita sulcata</i> Brug.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Cardita trapezia</i> Müll.	1—25 f. † 95 f. 1—45 m. † 173 m.
<i>Cardita (Actinobolus) velutinus</i>	17 f. 31 m.
<i>Carditella exulata</i> Sm.	100—150 f. 182—273 m.
<i>Carditella torresi</i> Sm.	3—28 f. 5—51 m.
<i>Cardium aculeatum</i> L. bei tiefer Ebbe im Sande steckend, wobei die gefransten Siphonen allein heraussehen	10—50 f. 18—91 m.
<i>Cardium ciliare</i> L.	2—45 f. 3—82 m.

Cardium echinatum L.

1—114 f.
1—207 m.

Cardium edule L.

Seichtwasser. Gesellig in sandigen Buchten mit Kiesgeröll, auch in dem Brackwasser an der Mündung kleiner Flüsse gut gedeihend

1—10 f.
1—18 m.

Cardium elegantulum Park.

25—50 f.
45—91 m.

Cardium exiguum Gm.

5—24 f.
9—43 m.

Cardium fasciatum M.

5—100 f.
9—182 m.

Cardium grönlandicum Chem.

2—22 f.
3—40 m.

Cardium hemicardium L.

in sandigem Schlamm eingegraben.

Cardium hians Brocchi

20—100 f.
36—182 m.

Cardium islandicum

33—117 f.
60—213 m.

Cardium minimum Phil.

5—645 f.
9—1179 m.

Cardium norvegicum Sp.

8—50 f.
14—91 m.

Cardium oblongum Gm.

20—30 f.
36—54 m.

Cardium papillosum Poli.

2—500 f.
3—914 m.

Cardium pinnulatum

5—33 f.
9—60 m.

Cardium pulchellum Gray

2—40 f.
3—73 m.

Cardium rusticum

wird südlich vom Kanal grösser, sehr gross bei Gibraltar, nimmt dann nach den Kanaren rasch an Grösse ab.

<i>Cardium senticosum</i>	6—12 f. 10—21 m.
<i>Cardium sulcatum</i> Lam.	20 f. 36 m.
<i>Cardium tenuicostatum</i> Lam.	2—18 f. 3—32 m.
<i>Ceratisolen legumen</i> L.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Chama Buddiana</i> bei Panama an Felsen angewachsen.	
<i>Chama gryphoides</i> L.	1—450 f. 1—822 m.
<i>Chama sulphurea</i> Reeve	6 f. 10 m.
<i>Chametrachea elongata</i> Lam. auf Korallenriffen	4 f. 7 m.
<i>Chione cancellata</i> L.	20 f. 36 m.
<i>Circe bermudensis</i> Sm.	435 f. 795 m.
<i>Circe crocea</i> Gray	2—10 f. 3—18 m.
<i>Circe minima</i> Mont.	4—205 f. 7—374 m.
<i>Circe scripta</i> L.	3—18 f. 5—32 m.
<i>Clavagella balanorum</i> Scacchi in Balanuskolonien.	
<i>Clavagella melitensis</i> Brod. in Sand oder Felsen eingegraben.	
<i>Clavagella torresii</i> Smith	3—11 f. 5—20 m.
<i>Clavagella</i> sp.	20 f. 36 m.
<i>Clementia papyracea</i> Gr.	3—11 f. 5—20 m.

Coelodon elongatus Carp.

7 f.
12 m.

Corbula bicarinata

7—17 f.
12—31 m.

Corbula crassa Hinds.

3—11 f.
5—20 m.

Corbula cymella Dall

20 f.
36 m.

Corbula erythraea H. Ad.

20—40 f.
36—73 m.

Corbula gibba Olivi

bei Sonderlo wurden in einem Netz 3152 Stück, ein andermal
7888 Stück gefangen

3—1476 f.
5—2698 m.

Corbula mediterranea Costa

20—120 f.
36—218 m.

Corbula nucleus

ist am grössten in den Britischen Meeren, wird kleiner nach
Drontheim wie nach Lissabon zu

2—50 + 80 f.
3—91 m. + 146 m.

Corbula Philippü Sm.

435 f.
795 m.

Corbula tunicata Hinds

4—25 f.
7—45 m.

Crassatella floridana Dall

3—50 f., am häufigsten in 25 f.
5—91 m. 45 m.

Crassatella gibbosa

11 f.
20 m.

Crassatella parva Ad.

390 f.
712 m.

Crassatella rhomboides Sm.

6—28 f.
10—51 m.

Crenatula

in Spongien.

Crenella decussata Mont.

1—1750 f.
1—3199 m.

Crenella discors

bildet sich mit ihren Byssusfäden aus Seealgen ein Nest

1—30 f.

1—54 m.

Crenella divaricata d'O.

51 f.

93 m.

Crenella glandula

1—110 f.

1—200 m.

Crenella laevigata Gray

3—60 f.

5—109 m.

Crenella laevis Beck.

4—60 f.

7—109 m.

Crenella marionensis Sm.

140 f.

255 m.

Crenella marmorata Forb.

1—100 f.

1—182 m.

Crenella nigra Gray

5—150 f.

9—273 m.

Cryptodon barbarensis Dall

276 f.

503 m.

Cryptodon bullulus Reeve

15—20 f.

27—36 m.

Cryptodon falklandicus Sm.

3—5 f.

5—9 m.

Cryptodon flexuosus Mont.

10—500 f.

18—914 m.

Cryptodon Gouldi Phil.

10—250 f.

18—456 m.

Cryptodon obesus

60—430 f.

109—785 m.

Cryptodon pyriformis Dall

85—731 f.

155—1336 m.

Cryptodon Watsoni Sm.

150 f.

273 m.

<i>Cumingia coarctata</i>	7 f. 12 m.
<i>Cultellus pellucidus</i> Penn.	9—100 f. 16—182 m.
<i>Cuspidaria patagonica</i> Sm.	401—687 f. 732—1256 m.
<i>Cuspidaria (Cardiomya) striata</i> Jeffr.	59 f. 107 m.
<i>Cyamium minutum</i> Fabr. unter Steinen und Algen	1—5 f. 1—9 m.
<i>Cyclas punctifera</i> Guppy Süßwasser.	
<i>Cyclocardia borealis</i> Conrad	1—80 f. 1—146 m.
<i>Cyclocardia norvegica</i>	60—107 f. 109—194 m.
<i>Cyclocardia Novangliae</i>	27 f. 49 m.
<i>Cymatoica occidentalis</i> Dall	26 f. 47 m.
<i>Cypricardia coralliophaga</i> Lam.	2 f. 3 m.
<i>Cypricardia Renieri</i> Nardo	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cyprina islandica</i> L. auf Schlamm Boden	1—100 f. 1—182 m.
<i>Cyrcna maritima</i> im Schlamm unter Pflanzen in der Fluthzone.	
<i>Cyrtodaria Kurriana</i> Dunk.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cytherea affinis</i>	10 f. 18 m.
<i>Cytherea apicalis</i> Phil.	30—40 f. 54—73 m.

<i>Cytherea lilacina</i> Lam.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Cytherea Chione</i> L.	5—40 f. 9—73 m.
<i>Cytherea Cyrilli</i> Scacchi	30—40 f. 54—73 m.
<i>Cytherea cucymata</i> Dall	25—111 f. 45—202 m.
<i>Cytherea rudis</i> Poli	2—70 f. 3—128 m.
<i>Cytherea venetiana</i> Lam.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Dacrydium meridionalis</i> Sm.	100—150 f. 182—273 m.
<i>Dacrydium vitreum</i> Möll.	30—2750 f. 54—5028 m.
<i>Davila umbonata</i> Sm.	25—150 (?) f. 45—273 m.
<i>Decipula ovata</i> Jeffr.	120—552 f. 218—1009 m.
<i>Dermatomya mactroides</i> Dall	122—741 f. 222—1354 m.
<i>Diplodonta apicalis</i> Phil.	12—60 f. 21—109 m.
<i>Diplodonta corpulenta</i> Sm.	6—28 f. 10—51 m.
<i>Diplodonta rotundata</i> Mont.	1—60 f. 1—109 m.
<i>Diplodonta semiaspera</i> Phil.	10 f. 18 m.
<i>Diplodonta Torelli</i> Jeffr.	1450 f. 2651 m.
<i>Diplodonta trigonula</i> Br.	4—120 f. 7—218 m.

- Diplodonta turgida* Verrill
69 f.
126 m.
- Donax assimilis*
bei Ebbe einige Centimeter tief im Sande vergraben.
- Donax nitidus* Desh.
6—15 f.
10—27 m.
- Donax polita* Poli
5—30 f.
9—54 m.
- Donax semistriata* Poli
1—20 f.
1—36 m.
- Donax trunculus* L.
2 cm im Sande eingegraben, kann sich durch kurze Sprünge vorwärtsschnellen
1—45 f.
1—82 m.
- Donax venusta* Poli
8 f.
14 m.
- Dosinia Deshayesii* Ad.
5—7 f.
9—12 m.
- Dosinia erythraca* Römer
1—5 f.
1—9 m.
- Dosinia exoleta* L.
1—40 f.
1—73 m.
- Dosinia histrio* Gm.
6—29 f.
10—53 m.
- Dosinia lincta* Pult.
1—60 f.
1—109 m.
- Dreysena polymorpha*
Süßwasser. Ist vom Schwarzen Meer aus die Donau heraufgewandert; seit 1860 den Main herauf bis Bamberg und durch den Donau-Mainkanal bis Nürnberg vorgedrungen. Nach MOERCH ist diese Wanderung durch die Schifffahrt veranlasst, also passiv erfolgt.
- Ensatella americana* V.
1—30 f.
1—54 m.
- Ensis ensis* L.
13—23 f.
23—42 m.

<i>Ervilia biscalpta</i> Gould	2—10 f. 3—18 m.
<i>Ervilia castanea</i> Mont.	2—1000 f. 3—1828 m.
<i>Ervilia concentrica</i> Gould	20 f. 36 m.
<i>Ervilia scaliola</i> Issel	15—25 f. 27—45 m.
<i>Galcomma Turtoni</i> Sow.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Gastrana fragilis</i> L. Seichtwasser.	
<i>Gastrochaena</i> kann in Felsen oder Schalen bohren, aber auch im Sande sich eine Röhre bilden.	
<i>Gastrochaena cuneiformis</i> Lam.	1 † 30 f. 1 † 45 m.
<i>Gastrochaena lamellosa</i> Desh.	8 f. 14 m.
<i>Gastrochaena modiolina</i> baut in Felsspaltten aus Fremdkörpern ein flaschenförmiges Nest	1—60 f. 1—109 m.
<i>Gastrochaena Polii</i> Phil. bohrt <i>Pectunculus pilosus</i> bei Triest an	10—20 f. 18—36 m.
<i>Gemma Tottenii</i> St.	3 f. 5 m.
<i>Glomus japonicus</i> Sm.	1875 f. 3428 m.
<i>Glomus nitens</i> Jeffr.	500—1900 f. 914—3474 m.
<i>Glomus simplex</i> Sm.	390 f. 712 m.
<i>Gouldia cerina</i> Ad.	20 f. 36 m.

<i>Gouldia mastracea</i> G.	3—15 f. 5—27 m.
<i>Hemicardia fornicata</i> Sow.	5—20 f. 9—36 m.
<i>Hialella arctica</i>	1—30 f. 1—54 m.
<i>Hinnites pusio</i> L.	1—90 f. 1—164 m.
<i>Idas argenteus</i> Jeffr.	994—1450 f. 1816—2651 m.
<i>Idas Dalli</i> Sm.	390 f. 712 m.
<i>Isocardia cor</i> L.	50—1785 f. 91—3263 m.
<i>Julia exquisita</i> Gould	40 f. 73 m.
<i>Kellia abyssicola</i> Forb.	70—180 f. 128—328 m.
<i>Kellia corbuloides</i> Phil. Seichtwasser.	
<i>Kellia lactea</i> Brown.	10—60 f. 18—109 m.
<i>Kellia nuculina</i> v. Mart.	20—125 f. 36—227 m.
<i>Kellia pumila</i> Wood.	649 f. 1186 m.
<i>Kellia rubra</i> F.	1—7 f. 1—12 m.
<i>Kellia suborbicularis</i> Mont.	1—205 f. 1—374 m.
lebt oft in kleinen Kolonien von verschiedenen Alterstadien in schlammgefüllten Konchilien, z. B. <i>Venus virginica</i> .	
<i>Kellia symmetros</i> Jeffr.	1750 f. 3199 m.

<i>Kelliella abyssicola</i> Sars.	20—500 f. 36—914 m.
<i>Kelliella miliaris</i> Phil.	20—650 f. 36—1188 m.
<i>Lacvicardium norvegicum</i> Speng.	5—50 f. 9—91 m.
<i>Lasaea rubra</i> Mont. unter Steinen, in Felsspalten und auf Seepflanzen in der Fluth- zone häufig.	1—628 f. 1—1148 m.
<i>Leda abyssicola</i> Tor.	130—160 f. 236—291 m.
<i>Leda arctica</i> Gray.	5—1333 f. 9—2437 m.
<i>Leda caudata</i> Donovan.	8—160 f. 14—291 m.
<i>Leda cestrota</i> Dall.	25 f. 45 m.
<i>Leda commutata</i> Phil.	40—120 f. 73—218 m.
<i>Leda excisa</i> Phil.	1675 f. 3063 m.
<i>Leda expansa</i> Jeffr.	690—1750 f. 1261—3199 m.
<i>Leda lata</i> Jeffr.	25—1785 f. 45—3263 m.
<i>Leda limatula</i> Say.	62—88 f. 113—160 m.
<i>Leda messanensis</i> Seg.	217—544 f. 396—994 m.
<i>Leda minuta</i> Müll.	12—420 f. 21—767 m.
<i>Leda pella</i> L.	10—50 f. 18—91 m.

<i>Leda pernula</i> Müll.	5—210 f. 9—383 m.
<i>Leda pontonia</i> Dall.	634—812 f. 1159—1484 m.
<i>Leda pusio</i> Phil.	257—1750 f. 469—3199 m.
<i>Leda pustulosa</i> Jeffr.	202—1450 f. 368—2651 m.
<i>Leda pygmaca</i>	25—50 f. 45—91 m.
<i>Leda seriacca</i> Jeffr.	740—1450 f. 1353—2651 m.
<i>Leda tenuiscula</i>	33 f. 60 m.
<i>Leda tenuisulcata</i>	1—150 f. 1—272 m.
<i>Leda ultima</i> Sm.	2740 f. 5010 m.
<i>Lepton nitidum</i> Turt.	10—120 f. 18—218 m.
<i>Lepton squamosum</i> Mont.	1—12 f. 1—21 m.
<i>Ligula profundissima</i> Forb.	80—185 f. 146—337 m.
<i>Ligula sicula</i> Sow. Seichtwasser.	
<i>Lima angulata</i> Sow.	2—12 f. 3—21 m.
<i>Lima elongata</i> Forb.	55 f. † 140 f. 100 m. † 255 m.
<i>Lima excavata</i> Fabr.	10—775 f. 18—1417 m.
<i>Lima fragilis</i> Scacchi	1—30 f. 1—54 m.
baut kein Nest.	

Lima gibba Jeffr.

1450—1785 f.
2651—3263 m.

Lima hians Gm.

schwimmt ruckweise durch das Wasser, baut sich aus Fremdkörpern ein Nest, lebt gesellig.

1—110 f.
1—200 m.

Lima inflata

das Thier kann sich nicht ganz in seine Schale zurückziehen, schwimmt mit heftigen Stößen frei im Wasser umher, baut sich ein Nest aus Fremdkörpern.

Lima Loscombi Sow.

5—100 f.
9—182 m.

Lima multcostata Sow.

2—1075 f.
3—1965 m.

Lima ovata Wood.

1450 f.
2651 m.

Lima pacifica

auf Korallenriffen unter Steinen

Lima pygmaca Phil.

25—150 f.
45—273 m.

Lima Sarsi (lingulata S.) Lov.

heftet ihr Nest in eine grössere leere Muschelschale hinein

80—300 f.
146—548 m.

Lima squamosa Lam.

2—70 f.
3—128 m.

Lima subauricula Mont.

8—15 f.
14—27 m.

Lima subovata Jeffr.

10—1450 f.
18—2651 m.

Lima sulculus Leach.

38 f.
69 m.

Lima tenera

ohne Nest.

Limaea Bronniana Dall.

15—805 f.
27—1472 m.

Limaea pectinata H. Ad.

40 f.
73 m.

<i>Limatula crassa</i> Forb.	50—300 f. 91—548 m.
<i>Limatula elliptica</i> Jeffr.	10—300 f. 18—548 m.
<i>Limatula setifera</i> Dall.	50—450 f. 91—822 m.
<i>Limatula sulcata</i>	30—40 f. 54—73 m.
<i>Limatula subauriculata</i> Mont.	10—120 f. 18—218 m.
<i>Limopsis aurita</i> Brocchi	21—1100 f. 38—2011 m.
<i>Limopsis borealis</i> Wood	100—567 f. 182—1036 m.
<i>Limopsis Brazieri</i> Ang.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Limopsis cristata</i> Jeffr.	292—2740 f. 533—5010 m.
<i>Limopsis marionensis</i> Sm.	100—150 f. 182—273 m.
<i>Limopsis minuta</i> Phil.	80—450 f. 146—822 m.
<i>Limopsis multistriata</i> Forsk.	5—20 f. 9—36 m.
<i>Limopsis pygmaca</i> Phil.	70—150 f. 128—273 m.
<i>Limopsis straminea</i> Sm.	150 f. 274 m.
<i>Limopsis tenella</i> Jeffr.	1450 f. 2651 m.
<i>Lithodomus dactylus</i> Cuv. Seichtwasser.	
<i>Lithodomus lithophagus</i> Lam.	1—2 f. 1—3 m.

<i>Lithodomus malaccanus</i> Reeve	8 f. 14 m.
<i>Lophocardium Annettae</i> Dall.	8—25 f. 14—45 m.
<i>Loripes lacteus</i> L.	1—628 f. 1—1148 m.
<i>Lucina borealis</i> L.	1—530 f. 1—968 m.
<i>Lucina columbella</i> Lam.	7—20 f. 12—36 m.
<i>Lucina dentifera</i> J.	5—20 f. 9—36 m.
<i>Lucina divaricata</i> L.	10—70 f. 18—128 m.
<i>Lucina ferruginosa</i> Forb.	119 f. 216 m.
<i>Lucina filosa</i>	30—142 f. 54—258 m.
<i>Lucina flexuosa</i> Mont.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Lucina lactea</i> L.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Lucina leucocyma</i> Dall.	5—683 f. 9—1248 m.
<i>Lucina leucoma</i>	1—15 f. 1—27 m.
<i>Lucina pecten</i> Lam.	1—435 f. 1—795 m.
<i>Lucina Sombrensis</i> Dall.	50—85 f. 91—155 m.
<i>Lucina spinifera</i> Mont. wird westlich von England grösser	10—100 f. 18—182 m.

<i>Lucina tellinoides</i>	11 f. 20 m.
<i>Lucina transversa</i> Br.	10 f. 18 m.
<i>Lucinopsis undata</i> Penn.	3—130 f. 5—236 m.
<i>Lutetina antarctica</i> C. V.	45—70 f. 82—128 m.
<i>Lutraria</i> oft in grobem Kies.	
<i>Lutraria elliptica</i> L.	1—22 f. 1—40 m.
<i>Lutraria oblonga</i> Chemn. Seichtwasser.	
<i>Lutraria rugosa</i> Chemn.	1—4 f. 1—7 m.
<i>Lyonsia arenosa</i> Möll.	2—23 f. 3—42 m.
<i>Lyonsia corruscans</i> Sc. klebt sich Sandkörner an die Schale	20—70 f. 36—128 m.
<i>Lyonsia formosa</i> Jeffr.	349—620 f. 637—1133 m.
<i>Lyonsia hyalina</i>	30 f. 54 m.
<i>Lyonsia norvegica</i> Chemn.	4—80 f. 7—146 m.
<i>Lyonsia striata</i> Mont.	20—70 f. 36—128 m.
<i>Lyonsiella papyracea</i> Sm.	1900 f. 3474 m.
<i>Lyonsiella radiata</i> Dall.	369—449 f. 674—820 m.
<i>Macha (Azor) coarctata</i> Gm.	10 f. 18 m.

<i>Macoma brevifrons</i> D.	12 f. 21 m.
<i>Macoma calcarea</i> Chemn.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Macoma fragilis</i> Ad.	1—6 f. 1—10 m.
<i>Macoma sabulosa</i>	1—142 f. 1—258 m.
<i>Mactra elliptica</i> Brown.	7—50 f. 12—91 m.
<i>Mactra lateralis</i> Lam.	5 f. 9 m.
<i>Mactra plicataria</i> L.	3—12 f. 5—21 m.
<i>Mactra rugosa</i> gross in Faro, klein bei Cadiz.	
<i>Mactra solida</i> L.	1—205 f. 1—374 m.
<i>Mactra solidissima</i> Chemn.	1—12 f. 1—21 m.
<i>Mactra stultorum</i> L.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Mactra subtruncata</i> da Costa im Seichtwasser auf Sandboden.	
<i>Mactra triangula</i> Ren.	8—20 f. 14—36 m.
<i>Malletia (Tindaria) acinula</i> Dall.	1019 f. 1862 m.
<i>Malletia cuneata</i> Jeffer.	337—1800 f. 615—3291 m.
<i>Malletia excisa</i> Phil.	1125—1785 f. 2056—3263 m.
<i>Malletia gigantea</i> Sm.	1—60 f. 1—109 m.

<i>Malletia goniura</i> Dall.	741 f. 1354 m.
<i>Malletia obtusa</i> Sars	200—1340 f. 365—2450 m.
<i>Malleus albus</i> Lam.	3—12 f. 5—21 m.
<i>Margarita undulata</i>	30—40 f. 54—73 m.
<i>Martesia striata</i> L.	49 f. 89 m.
<i>Mercenaria violacea</i> Schum.	3 f. 5 m.
<i>Mesodesma</i> sehr häufig auf einer Sandbank in der Tasmanbai. <i>Mesodesma cornea</i> Poli am flachen Strand. <i>Mesodesma donacilla</i> Desh.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Mesodesma glabratum</i> Lam. 9—12 cm im Sand vergraben.	
<i>Modiola adriatica</i> Lam.	6—45 f. 10—82 m.
<i>Modiola barbata</i> L.	1—95 f. 1—173 m.
<i>Modiola costulata</i> Risso	2 f. 3 m.
<i>Modiola discrepans</i> Lam.	20 f. 36 m.
bei Fiume in Ascidien lebend. <i>Modiola discors</i> L.	1—530 f. 1—968 m.
<i>Modiola glaberrima</i> Dunk.	6—15 f. 10—27 m.
<i>Modiola hamata</i> V. Seichtwasser. <i>Modiola modiolus</i> L.	1—100 f. 1—183 m.

<i>Modiola parasitica</i> Desh. in Teredolöchern an Ankerstöcken	25 f. 45 m.
<i>Modiola phascolina</i> Ph.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Modiola tulipa</i> Lam.	6—45 f. 10—82 m.
<i>Modiola umbilicata</i> Penn.	4—5 f. 7—9 m.
<i>Modiolaria corrugata</i>	33 f. 60 m.
<i>Modiolaria discors</i> L. oft in Zweigen von <i>Corallina officinalis</i>	1—1785 f. 1—3263 m.
<i>Modiolaria Kerguelensis</i> Sm.	25 f. 45 m.
<i>Modiolaria lanigera</i> Dunk.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Modiolaria marmorata</i> Forb. auf Laminarien, unter Steinen und in Ascidien.	1—150 f. 1—173 m.
<i>Modiolaria nigra</i> Gr.	1—107 f. 1—194 m.
<i>Modiolaria semigranata</i> Reeve.	1675 f. 3063 m.
<i>Modiolaria trapezina</i> Lam.	12—245 f. 21—447 m.
<i>Montacuta bidentata</i> Mont.	3—1366 f. 5—2497 m.
<i>Montacuta Dawsoni</i> Jeffr.	3—1750 f. 5—3199 m.
<i>Montacuta ferruginosa</i> Mont.	3—733 f. 5—1340 m.
<i>Montacuta Maltzani</i> Verk.	3—25 f. 5—45 m.

Montacuta Paula Ad.

28 f.

51 m.

Montacuta pura Sm.450—620 f.
822—1133 m.*Montacuta substriata* Mart.oft in sandigem Schlamm auf den Bauchstacheln von *Spatangus purpureus*5—250 f.
9—456 m.*Mya arenaria* L.

auf Kies, Sand, Thongrund

1—52 f.
1—95 m.*Mya byssifera*

liegt zwischen Steinen lose, aber am glatten Meeresboden befestigt sie sich mit ihrem Byssus.

Mya truncata L.

in tieferem Wasser nur junge Exemplare; auf Sand, Thon, Schlamm

1—100 f. † 1—1333 f.
1—182 m. † 1—2437 m.*Myochama anomioides* Stutch.2—38 f.
3—69 m.*Myodora pandoriformis* Stutch.2—15 f.
3—27 m.*Myonera paucistriata* Dall.193—880 f.
352—1609 m.*Myrina Coppingeri* Sm.1400 f.
2560 m.*Mytilimeria flexuosa* Ver.312 f.
569 m.*Mytilus adriaticus* Lam.2—50 f.
3—91 m.*Mytilus edulis* L.

circumpolar

1—50 f.
1—91 m.*Mytilus exustus* Reeve350 f.
639 m.*Mytilus meridionalis* Sm.150 f.
273 m.

<i>Mytilus minimus</i> Poli.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Mytilus modiolus</i> L.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Mytilus pictus</i> B.	10 f. 18 m.
<i>Mytilus phaseolinus</i> Phil.	1—3000 f. 1—5486 m.
<i>Mytilus unguatus</i> K.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Neacra abbreviata</i> Forb.	40 f. 73 m.
<i>Neacra angularis</i> Jeffr.	290—1785 f. 529—3263 m.
<i>Neacra arctica</i> Sars.	50—200 f. 91—365 m.
<i>Neacra costellata</i> Desh.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Neacra cuspidata</i> Olivi.	10—185 f. 18—337 m.
<i>Neacra elegans</i> Hinds.	7—63 f. 12—115 m.
<i>Neacra jugosa</i> Wood.	50—450 f. 91—822 m.
<i>Neacra Kerguelensis</i> Sm.	120 f. 218 m.
<i>Neacra obesa</i> Lov.	20—2435 f. 36—4453 m.
<i>Neacra (Cardiomya) pulchella</i> H. Ad.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Neacra rostrata</i> Sp.	10—300 f. 18—548 m.
<i>Neacra striata</i> Jeffr.	435—1450 f. 795—2651 m.

<i>Neacra sub torta</i> Sars.	16—123 f. 29—224 m.
<i>Neacra Wollastoni</i> Sm.	1000 f. 1828 m.
<i>Nicania Banksii</i> Leach.	5—100 f. 9—182 m.
<i>Nucula aegaeensis</i> Forb.	185—1536 f. 337—2808 m.
<i>Nucula corbuloides</i> Seg.	1521—1536 f. 2781—2808 m.
<i>Nucula corticata</i> Möll.	100—150 f. 182—273 m.
<i>Nucula delphinodonta</i> Migh.	5 f. 9 m.
<i>Nucula elensis</i>	6 f. 10 m.
<i>Nucula emarginata</i> Lam.	20 f. 36 m.
<i>Nucula expansa</i> Reeve	5—90 f. 9—164 m.
<i>Nucula inconspicua</i> H. Ad.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Nucula lactis</i> wird südlich von Skandinavien kleiner.	
<i>Nucula margaritacca</i> Lam.	2—20 f. 3—36 m.
<i>Nucula nitida</i> Sow. 420 Stück in einem Netzzug	8—30 f. 14—54 m.
<i>Nucula nucleus</i> L.	2—1180 f. 3—2157 m.
<i>Nucula obliqua</i> Lam.	3—36 f. 5—65 m.
<i>Nucula profundorum</i> Sm.	2050 f. 3748 m.

<i>Nucula proxima</i>	30 f. 54 m.
<i>Nucula proxima</i>	30 f. 54 m.
<i>Nucula reticulata</i> Jeffr.	420—1470 f. 767—2688 m.
<i>Nucula sulcata</i> Br.	5—208 f. 9—379 m.
<i>Nucula tenuis</i> Mont.	3—365 f. 5—666 m.
<i>Nucula tumidula</i> Malm.	30—650 f. 54—1188 m.
<i>Nucula Verrilli</i> Dall.	1440 f. 2633 m.
<i>Nuculina ovalis</i> Wood.	15—20 f. 27—36 m.
<i>Orbicula Cumingii</i> an der Unterseite von Steinen angeheftet	1—6 f. 1—10 m.
<i>Ostrea arborea</i> hängt traubenförmig an den freiliegenden Wurzeln der Mangrove an der afrikanischen Küste in solcher Menge, dass ein mit Austern bedeckter Zweig oft von einem Menschen nicht getragen werden kann.	
<i>Ostrea borealis</i> Lam.	3 f. 5 m.
<i>Ostrea cochlear</i> Poli	1—1000 f. 1—1828 m.
<i>Ostrea cristata</i> Born.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Ostrea edulis</i> L.	1—45 f. 1—82 m.
<i>Ostrea imbricata</i> Lam.	28 f. 51 m.
<i>Ostrea virginiana</i> L.	1—5 f. 1—9 m.

<i>Pandora glacialis</i> Leach.	2—32 f. 3—58 m.
<i>Pandora inaequivallis</i> L.	1—130 f. 1—236 m.
<i>Pandora obtusa</i> Leach	10—90 f. 18—164 m.
<i>Pandora rostrata</i> L.	1—8 f. 1—14 m.
<i>Pandora trilincata</i> (?) Say.	3—5 f. 5—9 m.
<i>Panopaea Aldrovandi</i> M. Seichtwasser.	
<i>Panopaea norvegica</i> Spengl.	1—300 f. 1—548 m.
<i>Panopaea plicata</i> Mont.	5—628 f. 9—1148 m.
<i>Paphia glabrata</i> Gmel.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Pecchiolia abyssicola</i> Sars.	50—1450 f. 91—2651 m.
<i>Pecchiolia granulata</i> Seg.	127—301 f. 231—549 m.
<i>Pecten abyssorum</i> Lov.	80—650 f. 146—1188 m.
<i>Pecten clathratus</i> v. Mart.	60—120 f. 109—218 m.
<i>Pecten corallinoides</i> d'O.	7—70 f. 12—128 m.
<i>Pecten effluens</i> Dall.	85 f. 155 m.
<i>Pecten exasperatus</i> Sow.	59 f. 107 m.
<i>Pecten flexuosus</i> Poli	4—60 f. 7—109 m.

<i>Pecten fragilis</i> Jeffr.	1000—1785 f. 1828—3263 m.
<i>Pecten gibbus</i> L.	450 f. 822 m.
<i>Pecten glyptus</i> Verrill	85—124 f. 155—225 m.
<i>Pecten grønlandicus</i> Sow.	5—1785 f. 9—3263 m.
<i>Pecten hyalinus</i> Poli	6—40 f. 10—73 m.
<i>Pecten jacobaeus</i> Lam.	10—50 f. 18—91 m.
<i>Pecten inca</i>	6—10 f. 10—18 m.
<i>Pecten islandicus</i> L. gross in Finnmarken, kleiner in Spitzbergen	4—114 f. 7—207 m.
<i>Pecten maximus</i> L.	5—30 f. 9—54 m.
<i>Pecten opercularis</i> L. gesellig, auf sandigem Grunde, sehr in der Färbung variierend	1—205 f. 1—374 m.
<i>Pecten pellucidus</i> L.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Pecten Philippii</i> Recl.	8—35 f. 14—64 m.
<i>Pecten Pusio</i> L. auf festem Grunde an Steinen oder Schalen angeheftet	1—180 f. 1—328 m.
<i>Pecten pustulosus</i>	60—430 f. 109—785 m.
<i>Pecten septemradiatus</i> Müll. auf Schlamm gesellig (in einem Netz 800 lebende Exemplare)	1—220 f. 1—401 m.

<i>Pecten similis</i> Lask.	20—185 f. 36—337 m.
<i>Pecten sinuosus</i> Gm.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Pecten striatus</i> Müll. an Steinen mit dem Byssus angeheftet	15—20 f. 27—36 m.
<i>Pecten sulcatus</i> Lam. Seichtwasser.	
<i>Pecten tenuicostatus</i>	5—30 f. 9—54 m.
<i>Pecten testae</i> Bivona	2000 m.
<i>Pecten tigrinus</i> Müll.	10—40 f. 18—73 m.
<i>Pecten varius</i> L. Junge leben auf steinigem Grund in 18 m Tiefe	1—55 f. 1—100 m.
<i>Pecten vitreus</i> Ch. häufig auf <i>Acanella</i> und <i>Paragorgia</i>	140—700 f. 255—1280 m.
<i>Pectunculus assimilis</i>	8—12 f. 14—21 m.
<i>Pectunculus formosus</i> Reeve	7—20 f. 12—36 m.
<i>Pectunculus glycimeris</i> L.	1—120 f. 1—218 m.
<i>Pectunculus insubrius</i> Brocchi	6—20 f. 10—36 m.
<i>Pectunculus lineatus</i> Phil.	1 f. † 30 f. 1 m. † 54 m.
<i>Pectunculus ovatus</i> wird oft von Würmern angebohrt.	
<i>Pectunculus pectinatus</i> Gm.	1010 f. 1846 m.
<i>Pectunculus pilosus</i> Lam.	1—45 f. 1—82 m.

<i>Pectunculus Siculus</i> Reeve	20—30 f. 36—54 m.
<i>Pectunculus undatus</i> L.	20 f. 36 m.
<i>Pectunculus vitreus</i> Lam.	28 f. 51 m.
<i>Pedum spondyloideum</i> auf Vanicoro stets in Korallen eingesenkt.	
<i>Periploma compressa</i> d'O.	13 f. 23 m.
<i>Periploma papyracea</i>	60—109 f. 109—198 m.
<i>Periploma pertenuis</i> Pult.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Perna Samoensis</i> Baird.	10 f. 18 m.
<i>Petricola lapicida</i> Ch.	7—8 f. 12—14 m.
<i>Petricola lithophaga</i> Retz. Seichtwasser.	
<i>Petricola pholadiformis</i> L.	1—4 f. 1—7 m.
<i>Pholadidea papyracea</i> Sol.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Pholadomya arata</i> Verrill	69—130 f. 126—236 m.
<i>Pholadomya Loveni</i> Jeffr.	85—1217 f. 155—2225 m.
<i>Pholas candina</i> L. Seichtwasser.	
<i>Pholas crispata</i> L. gesellig in verhärtetem Thon, bohrt den Stein von unten an und stirbt, wenn er durchbohrt ist	1—20 f. 1—36 m.
<i>Pholas dactylus</i> L.	1—2 f. 1—3 m.

<i>Pholas parva</i> Lam.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Pholas tubifera</i> in altem Holz bei Panama	10 f. 18 m.
<i>Pinna ingens</i> F.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Pinna pectinata</i> L.	4—50 f. 7—91 m.
<i>Pinna rudis</i> L.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Pinna squamosa</i> Gmel.	2—10 f. † 24 f. 3—18 m. † 43 m.
<i>Pinna tasmanica</i> T. W.	38 f. 69 m.
<i>Pinna tuberculosa</i> bei Panama auf Schlammhänten und in Felsenspalten.	
<i>Pisidium</i> Süßwasser; im Aegerisee sind die Schalen mit starken Ueberzügen von rothem bis schwarzbraunem Eisenoxydhydrat versehen.	
<i>Pisidium nitidum</i> im Züricher See	2 m.
<i>Pisidium Asperi</i> im Zuger See	200 m.
<i>Plicatula ramosa</i> Lam.	21 f. 38 m.
<i>Poromya anatinoides</i> Forbes	1 † 150 f. 1 † 273 m.
<i>Poromya cymata</i> Dall	59 f. 107 m.
<i>Poromya granulata</i> N. W.	15—300 f. 27—548 m.
<i>Poromya Korenii</i> Lov.	40—80 f. 73—146 m.
<i>Poromya lacvis</i> Sm.	155 f. 282 m.
<i>Poromya microdonta</i> Dall	1685 f. 3081 m.

Poromya rotundata Jeffr.

1450 f.
2651 m.

Portlandia intermedia M. Sars.

100—200 f.
182—365 m.

Portlandia lucida Lov.

20—650 f.
36—1188 m.

Potamomya aequalis

im Schlamm unter Mangroven.

Psammobia aurantia Lk.

kriecht wie eine Schnecke.

Psammobia castrensis Speng.

18 f.
32 m.

Psammobia costulata Turt.

1—120 f.
1—218 m.

Psammobia ferroensis Chem.

1—90 f.
1—164 m.

Psammobia modesta Desh.

2—10 f.
3—18 m.

Psammobia tellinella Lk.

5—40 f.
9—73 m.

Psammobia vespertina L.

2—10 f. † 40 f.
3—18 m. † 73 m.

Pseudamussium strigillatum Dall

687—1181 f.
1256—2159 m.

Pullastra geographica L.

10 f.
18 m.

Pullastra virginica L.

Seichtwasser.

Pythina setosa Dunk.

5—86 f.
9—157 m.

Raete pulchella Ad.

8—14 f.
14—25 m.

Rangia cyrenoides

an Untiefen des Mississippi 6—8 cm tief im Sand.

Rupicola distorta Mont.

10—20 f.
18—36 m.

<i>Sarepta abyssicola</i> Sm.	2050—2385 f. 3748—4361 m.
<i>Saxicava arctica</i> L.	2—500 f. 3—914 m.
in Patagonien	43—58 f. 78—106 m.
<i>Saxicava Guerini</i> Payr.	2—20 f. 3—36 m.
<i>Saxicava norvegica</i> Sp.	30—150 f. 54—273 m.
<i>Saxicava pholadis</i> L.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Saxicava rugosa</i> L. hat im vorderen Mantelrand Kieselkörperchen; sehr varietäten- reich; in Felsspalten, in Konchylien, an Scepflanzen	1—1622 f. 1—2966 m.
<i>Saxicava rugosa</i> var. <i>praecisa</i>	25—145 f. 45—264 m.
<i>Saxicava tenuis</i> in der Ebbezone in weichen Steinen bohrend.	
<i>Saxicava transversa</i> Ad.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Scapharca inaequisulcata</i> Sm.	2740 f. 5010 m.
<i>Scintilla Oweni</i> Desh. unter Steinen.	
<i>Scintilla rotunda</i> Jeffr.	48—70 f. 87—128 m.
<i>Scrobicularia Cottardi</i> Payr.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Scrobicularia longicallus</i> Seacchi	50—1125 f. 91—2056 m.
<i>Scrobicularia nitida</i> Müll.	3—400 f. 5—731 m.
<i>Scrobicularia piperata</i> Bell.	1—7 f. 1—12 m.

<i>Scrobicularia plana</i> da Costa häufig in brackischen Flussmündungen	1—10 f. 1—18 m.
<i>Scrobicularia (Jacra) Seychellarum</i> Ad.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Semele amabilis</i>	25—29 f. 45—53 m.
<i>Semele infans</i> Sm.	7 f. 12 m.
<i>Semele longicallus</i> Sea.	450 f. 822 m.
<i>Semele nuculoides</i> Conrad	2—124 f. 3—225 m.
<i>Semele profundorum</i> Sm.	1000—2900 f. 1828—5303 m.
<i>Semele reticulata</i> Gm.	10 f. 18 m.
<i>Septifer bilocularis</i> L.	12 f. 21 m.
<i>Silenia Sarsii</i> Sm.	1100—2650 f. 2011—4845 m.
<i>Solecurtus antiquatus</i> Pult.	15—20 f. 27—36 m.
<i>Solecurtus candidus</i> Ren.	8—30 f. 14—54 m.
<i>Solecurtus coarctatus</i> Gm.	4—30 f. 7—54 m.
<i>Solecurtus scopula</i> Turt.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Solecurtus strigillatus</i> Bl. schnürt leicht seine Siphonen ab	1—10 f. 1—18 m.
<i>Solen</i> meist in feinem Sand.	

Solen coarctatus L.10—30 f.
18—54 m.*Solen ensis* L.

in sandigen Buchten

1—50 f.
1—91 m.*Solen pellucidus* Penn.

auf Schlamm, Sand, Kies, Geröllen

5—100 f.
9—182 m.*Solen rudis*

in grobem Sand zwischen Steinen in der Ebbezone.

Solen siliqua L.

in seichtem Wasser auf sandigem Grund gesellig lebend, oft einige Fuss tief eingegraben.

Solen Sloanii Gray.2—10 f.
3—18 m.*Solen tenuis* Phil.7—40 f.
12—73 m.*Solen vagina* L.

auf sandigem Strand in geringer Tiefe, auch an brackischen Flussmündungen

2—10 f.
3—18 m.*Solemya mediterranea* Lam.1—12 f.
1—21 m.*Solenomya velum*30 f.
54 m.*Sphenia Binghami* Turt.

in Steinritzen

4—25 f.
7—45 m.*Spondylus aculeatus* Chem.2—10 f.
3—18 m.*Spondylus aurantius* Lam.

an Korallen oder Muscheln angewachsen

3 m.

Spondylus gacdaropus L.1—60
1—109*Spondylus Gussoni* Costa40—120 f.
73—218 m.*Spondylus ostreoides* Sm.520 f.
950 m.

Spondylus zonalis Lam.

8 f.
14 m.

Syndosmya alba Wood.

5—128 f.
9—233 m.

Syndosmya apelina Ren.

2 f.
3 m.

Syndosmya intermedia Thomp.

15—100 f.
27—182 m.

Syndosmya nitida Müll.

3—2435 f.
5—4453 m.

Syndosmya tenuis Mont.
Seichtwasser.

Tapes aureus Gmel.

1—20 f.
1—36 m.

Tapes decussatus L.
in der Fluthzone

Tapes edulis L.

5—40 f.
9—73 m.

Tapes laeta Poli
Brackwasser.

Tapes obscurata Desh.

† 15—20 f.
27—36 m.

Tapes pulchella Lam.

10—20 f.
18—36 m.

Tapes pullastra Mont.
litoral, auf schlammigem Kies und Sand.

Tapes (Venus) pallustra Wood.
lebt gewöhnlich frei; aber in rasch strömenden Wasser befestigt
sie sich mit einige Fäden an Steinen

1—10 f.
1—18 m.

Tapes undulata Born.

8—50 f.
14—91 m.

Tapes virgineus L.

1—180 f.
1—328 m.

Tellimya ferruginosa Mont.

18—50 f.
32—91 m.

<i>Tellimya nivca</i> Sars	100—120 f. 182—218 m.
<i>Tellina aurora</i> in weichem, sandigen Schlamm	10 f. 18 m.
<i>Tellina balaustina</i> L.	6—50 f. 10—91 m.
<i>Tellina balthica</i> L. in der Fluthzone auf Schlamm, Sand, Kies	1—60 f. 1—109 m.
<i>Tellina calcarea</i> Chemn.	62—145 f. 113—264 m.
<i>Tellina compressa</i> Broechi	60—180 f. 109—328 m.
<i>Tellina consociata</i> Sm.	15—25 f. 27—45 m.
<i>Tellina cumana</i> da Costa	1—40 f. 1—73 m.
<i>Tellina crassa</i> Gmel.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Tellina donacina</i> L.	1—82 f. 1—149 m.
<i>Tellina fabula</i> Gron.	1—35 f. 1—64 m.
<i>Tellina incarnata</i> L.	1—60 f. 1—109 m.
<i>Tellina (Macoma) inflata</i> Stimp.	70 f. 128 m.
<i>Tellina lata</i> Gm. Midd.	5—80 f. 9—146 m.
<i>Tellina Murrayi</i> Sm.	155 f. 282 m.
<i>Tellina nitida</i> Poli	1—30 f. 1—54 m.

Tellina pusilla Phil.

3—20 f.
5—36 m.

Tellina pulchella Lam.

1—20 f.
1—36 m.

Tellina rhomboides Q. G.

3—12 f.
5—21 m.

Tellina serrata Br.

2—45 f.
3—82 m.

Tellina tenuis da Costa
häufig an Sandufern.

1—6 f.
1—10 m.

Thyreopsis coralliophilla Ad.
auf Korallenriffen.

Thracia Conradi

3—30 f.
5—54 m.

Thracia convexa Wood.

4—628 f.
7—1148 m.

Thracia distorta Mont.

8—25 f.
14—45 m.

Thracia meridionalis Sm.

20—150 f.
36—273 m.

Thracia myopsis Möll.

4—150 f.
7—273 m.

Thracia papyracea Poli.

1—164 f.
1—299 m.

Thracia phascolina Lam.

3—80 f.
5—146 m.

Thracia pertenuis Pult.

10—15 f.
18—27 m.

Thracia pubescens Kien.

1—20 † 70 f.
1—36 † 128 m.

Thracia truncata M. A.

10—60 f.
18—109 m.

Tomoclea ovata Penn.

5—100 f.
9—182 m.

Tridacna

mehrere Arten sitzen immer, mögen sie jung oder alt sein, in lebende oder todte Korallen so tief eingesenkt, dass kaum der Rand ihrer Schale heraussteht. Dagegen heftet sich die grösste und breitschuppigste Art auf den Philippinen nur an der Oberfläche der Steine an.

Tridacna crocea Lam.

8 f.
14 m.

Tridacna mutica

1—30 f.
1—54 m.

Trigonella achatina Chemn.

10 f.
18 m.

Trigonella olorina Ph.

Seichtwasser.

Trigonella stultorum L.

5—10 f.
9—18 m.

Trigonia

ist umgeben von einer Hülle senkrecht stehender Kieselnadeln (bei *Trigonia ventricosa* Kalknadeln), welche nach dem Mantelrand an Länge zunehmen, während sie am Wirbel abgerieben scheinen; springt 10 cm hoch über den Rand eines Bootes.

Trigonia acuticostata

Bassstrasse.

Trigonia jukesii Ad.

Cap York

6 f.
10 m.

Trigonia Lamarkii Gray.

2—10 f.
3—18 m.

Trigonia margaritacea Lam.

38 f.
69 m.

Trigonia pectinata Lam.

Der „Astrolabe“ fand oft fast nur abgerollte linke Schalen. Nur in der Bassstrasse ein kleines lebendes Exemplar zwischen *Pectunculus*, *Venus*, *Crepidula*

14 f.
25 m.

Trigonia uniophora Gray.

3—28 f.
5—51 m.

Turtonia minuta

Seichtwasser.

Ungulina oblonga Dand.

Seichtwasser.

Venus casina L.

8—150 f.
14—273 m.

- Venus effossa* Riv. 60—70 f.
109—128 m.
- Venus exoleta* L. 1—10 f.
1—18 m.
- Venus fasciata* da Costa 1—40 f.
1—73 m.
- Venus fluctuosa* Gould. 2—30 f.
3—54 m.
- Venus gallina* L.
2 cm tief im Sand vergraben 1—100 f.
1—182 m.
- Venus mercenaria* 1—8 f.
1—14 m.
- Venus mesodesma* Q. G. 1—1000 f.
1—1828 m.
- Venus ovata* Penn. 1—145 f.
1—264 m.
am Kabel zwischen Cagliari und Bona in 2000 m.
- Venus paphia* L. 7—20 f.
12—36 m.
- Venus philomelae* Sm. 100—150 f.
182—273 m.
- Venus puerpera* L.
Korallenriffe.
- Venus rudis* Poli. 2—120 f.
3—218 m.
- Venus subrugosa*
zwischen Steinen in grobem Sand eingegraben.
- Venus verrucosa* L.
wird von England bis Gibraltar grösser, dann kleiner bis zu den Kanaren 1—60 f.
1—109 m.
- Venus zelandica*
im König-Georgshafen von *Fucus moniliformis* bewachsen.
- Veneriglossa vesica* Dall. 84—100 f.
153—182 m.

<i>Venerupis irus</i> L.	1—70 f. 1—128 m.
<i>Verticordia acuticostata</i> Phil.	500 f. 914 m.
<i>Verticordia ornata</i> d'O.	435 f. 795 m.
<i>Verticordia tornata</i> Jeffr.	1675—1850 f. 3063—3382 m.
<i>Vola maxima</i> L.	5—40 f. 9—73 m.
<i>Voluta abyssicola</i>	132 f. 240 m.
<i>Vulsella</i> dicht gedrängt in Hornschwämmen.	
<i>Woodia digitaria</i> L.	10—40 f. 18—73 m.
<i>Xylophaga dorsalis</i> Turt.	1—650 f. 1—1188 m.
<i>Yoldia arctica</i> Gray.	5—90 f. 9—164 m.
<i>Yoldia (Portlandia) frigida</i> Torell.	5—250 f. 9—456 m.
<i>Yoldia hyperborea</i> Lovén	5—60 f. 9—109 m.
<i>Yoldia isonata</i> v. Mart.	10—110 f. 18—200 m.
<i>Yoldia limatula</i> Say.	5—100 f. 9—182 m.
<i>Yoldia lenticula</i> Müll.	15—120 f. 27—218 m.
<i>Yoldia lucida</i> Lov.	30—1263 f. 54—2309 m.
<i>Yoldia obesa</i>	1—150 f. 1—273 m.

Yoldia pompholyx Dall205—1024 f.
374—1871 m.*Yoldia pygmaca* Münster15—1180 f.
27—2157 m.*Yoldia scapania* Dall59 f.
107 m.*Yoldia sapotilla* Gould5—30 f.
9—54 m.*Yoldia subaequilateralis* Sm.6—51 f.
10—93 m.*Yoldia (Portlandia) thraciformis* Stor.45—212 f.
82—386 m.*Zirphaea crispata* L.1—30 f.
1—54 m.

14. Gastropoda.

Bei der Ausarbeitung wurden folgende Abhandlungen benutzt:

- A. ADAMS, On new Mollusca from Japan. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 3. S., V, S. 410.
C. B. ADAMS, Catalogue of Shells collected at Panama, 1852.
A. BROWN, The Mollusca of the Firth of Clyde, Glasgow 1878.
J. COLLIN, Om Limfjordens Marine Fauna.
DALL, Report on the Albatross Mollusca. *Proc. Nat. Mus.* 1889, XII.
FORBES, Report on the Mollusca and Radiata of the Aegaeen Sea. *Brit. Ass.* 1843, S. 130.
FORBES, The infralitoral distribution of Marine Invertebrata of the Coasts of Great Britain, *Brit. Ass.* 1850.
FRIELE, Den Norske Nordhavs Expedition 1876—78, *Zoologi Mollusca*, I, II.
HADDON, Report on the Polyplacophora collected by H. M. S. Challenger. *Rep. Zool.* XV, III.
HELLER, *Horae dalmatinae.* 1863.
GWYN JEFFREYS, Mediterranean Mollusca. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 5. S., X, S. 30.
GWYN JEFFREYS, On the Mollusca of the „Lightning“ and „Porcupine“ Expedition. *Proc. Zool. Soc.* 1882.
GWYN JEFFREYS, New and peculiar Solenoconchae procured in the Valorous Expedition. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 4. S., XIX, 153, 231, 317.
HERDMANN, *Proc. Phys. Soc.*, 1880, Dezember.
JOHNSTON, Einleitung in die Konchyliologie. Stuttgart 1853.
LORENZ, *Physikalische Verh. und Verth. der Organismen im Quarnerischen Golfe.* 1868.
MC. ANDREW AND BARRET, List of the Mollusca observed between Drontheim and the North Cap. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 2. S., XVII, S. 378.
MC. ANDREW, On testaceous Mollusca obtained in the Gulf of Sues. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 4. S., VI, S. 429.
R. MAC ANDREW, Rep. on the Marine testaceous Mollusca of the North-east Atlantic and neighbouring Seas. *Brit. Ass.* 1856.
METZGER, *Zoologische Ergebnisse der Nordseefahrt 1872.* Mollusca.
MOEBIUS, RICHTERS u. v. MERTENS, Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen. Berlin 1880.
QUOI ET GAIMARD, *Voyage de l'Astrolabe, Zoologie*, Paris 1830, 1.—4. Band.
G. O. SARS, *Mollusca regionis arcticae Norvegiae.* Christiania 1878, S. 356.
STUDER, Meeresfauna von Kerguelensland, Forschungsreise S. M. S. Gazelle III, S. 152.
STUDER, Die Fauna von Kerguelensland, *Archiv für Naturgeschichte*, XLV, I, S. 128.

STUXBERG, Faunan pa och kring Novraja Semlja.

D'URBAN, Zoology of Barents Sea. Ann. Mag. Nat. Hist., 5. S., VI, 266.

WATSON, Rep. on the Scaphopoda and Gasteropoda. Challenger Report Zoology XV, II.

WEINKAUFF, Die Conchilien des Mittelmeeres II.

WHITEAVEN, Deep Sea Dredgings in the Gulf of St. Lawrence. Ann. Mag. Nat. 4. S., X, 348.

und andere Abhandlungen.

Die Schnecken sind bilaterale Weichthiere mit einem wohl abgeordneten Kopf, der durch Sinnesorgane ausgezeichnet ist, dieselben bestehen aus Fühlfäden, Geruchsgruben, Otolithenorganen und Augen. Auf der Bauchseite befindet sich ein stark muskulöser Fuss mit breiter Sohle, während auf dem Rücken der, meist unsymmetrisch spiralig aufgewundene, Eingeweidesack oft von einer ebensolehen Kalkschale umschlossen wird.

Der Mund ist von fleischigen Lippen umgeben, und führt in die mit einer hornigen Reibeplatte versehene Mundhöhle. Die Hornzähne der Reibeplatte (Radula) erleichtern die oft räuberische Lebensweise der Schnecken.

Die Athmungsorgane liegen gewöhnlich unter einer Hautfalte; ein Athemloch, oder eine lang ausgezogene Siphonröhre führt in diese Kiemenhöhle hinein. Die Pulmonaten athmen freie Luft, alle anderen Schnecken können nur die im Wasser enthaltene Luft athmen. Pulmonaten und Opisthobranchiaten sind Zwitter, während die Prosobranchiaten getrennt geschlechtlich sind. Die Larven sind meroplanktonisch.

Die Pulmonaten sehen sehr schlecht und können auch nur in ganz geringem Maasse die Umrisse der Objekte unterscheiden, auch die ultravioletten Strahlen vermögen sie nicht zu sehen. Das Auge von *Cyclostoma elegans* sieht höchstens 3 mm weit, dagegen ist es empfindlich gegen die geringste Erschütterung.

Litorina litorea sieht zwar keine Formen, aber rascher Belichtungswechsel wird von ihr gut empfunden, und zwar auch von geblendeten Thieren, so dass man zu der Annahme photodermatischer Empfindung geleitet wird.

Ebenso ist *Purpura lapillus* lichtempfindlich, ohne Formen sehen zu können; auch *Trochus umbilicaris*, *Patella vulgata* und *Chiton marginatus* haben jenes Vermögen, während *Buccinum undatum* auf Wasserbewegungen ebenso wenig reagiert, wie auf Lichtveränderungen.

Die Nahrung der Schnecken besteht aus Pflanzen oder Thieren. Die herbivoren Schnecken haben eine ganzrandige Mündung ihrer Schale und keinen Rüssel, während die carnivoren Formen einen Kanal zur Aufnahme der Athemröhre und einen röhrenartig ausgezogenen Mund besitzen. Nach JOHNSTON sind die Familien folgendermassen vertheilt:

1) WILLEM, Archives de Biologie XII, 1892, S. 123 f.

Walther, Einleitung in die Geologie.

Zoophaga:

Gymnobranchia
Bullacea
Testacellus
Janthina
Natica
Canalifera
Alata
Purpurifera
Scalaria
Columellaria
Involuta
Heteropoda.

Phytophaga:

Tritoniacea
Aplysiae
Phyllidica
Hemiphyllidica
Calyptracea
Limacea
Colimacea
Limnaceea
Melaniacea
Peristomica
Neritacea
Macrostomica
Placacea
Turbinica.

Beim Fressen treibt die herbivore Schnecke ihre Stachelzunge heraus und schiebt die seitlichen Lippen vor, wodurch die Zunge löffelförmig zusammengedrückt wird. Das Algenblatt wird mit den Lippen ergriffen, mit der Radula gegen eine hornige Gaumenplatte gedrückt und durch die reibende Bewegung der Radula zerkleinert.

Die obengenannten Schalenmerkmale sind zwar im Allgemeinen für die Lebensweise charakteristisch, allein es giebt eine Anzahl von Ausnahmen. So sind *Scalaria*, *Turritella*, *Volutina*, *Janthina* und *Stylifer* ausschliesslich Fleischfresser. Auch *Tritonia*, *Glaucus*, *Eolis* leben von Fleischkost.

Fleischfresser sind besonders alle Kammkiemer, so *Cypraea*, *Conus*, *Voluta*, *Murex*, *Buccinum*, *Tritonium*. Hierbei dient ihnen der mit Zähnen bewaffnete Rüssel, um in die Schale anderer Mollusken ein Loch zu bohren und dadurch das Fleisch zu erreichen.

Alle *Natica* sind fleischfressend, bohren Schalen an, und leben auch oft von toten Fischen. *Bulla* lebt von Muscheln, man fand *Mya* und *Corbula* in ihrem Magen.

*Murex frontispina*¹⁾ frisst *Arca* (*Anadora pilosa*), indem sie einen Zahn des Mundsaumes zwischen deren Schalen klemmt.

*Buccinum*²⁾ hat kieselige Zähne, welche seine räuberische Lebensweise unterstützen. *Dolium galea*³⁾, *Cassis sulcosa*, *Cassidaria echinophora*, *Tritonium nodiferum*, *T. hirsutum*, *T. corrugatum*, *T. cutaceum*, *Pleurobranchidium Meckelii*, *Pleurobranchus tuberculatus*, *Pl. testudinarius*, *Pl. brevifrons* und *Murex* scheiden Schwefelsäure und Salzsäure in ihrem Magen aus, um leichter solche Thiere verzehren zu können, welche harte Kalkskelette besitzen.

Unter den Tiefseeschnecken scheinen die Fleischfresser selten zu sein, denn die⁴⁾ aus der Tiefsee heraufgeholtten Molluskenschalen zeigen fast niemals Spuren des Angriffes oder des Kampfes, wie diejenigen des Seichtwassers so oft erkennen lassen.

1) FRANÇOIS, Arch. Zool. Expér., 2, IX, S. 240.

2) HANCOQ, Ann. Mag. Nat. Hist. XV, S. 113.

3) SEMON, Biol. Centralblatt 1889, IX, Nr. 3.

4) DALL, Proc. Unit. Stat. Nat. Mus. 1889, S. 226.

Was die Bewegungen der Schnecken betrifft, so müssen wir festgewachsene, festsitzende, kriechende, springende und schwimmende unterscheiden.

Vermetus, *Rhizochilus* und *Lementina* sind auf Felsen oder Muschelschalen angewachsen. *Hipponyx* und *Capulus* sitzen auf anderen Seethieren (Muscheln, Schnecken, Krebsen, Echinodermen) auf und dürften ihren Wohnsitz nicht verlassen. *Patella* sitzt so fest auf den Felsen des Strandes, dass sie erst mit einer Kraft von 15 kg abgerissen werden kann, nachts kriecht sie räuberisch umher, um am Morgen ihren alten Sitzplatz wieder aufzusuchen. Es scheint, dass *Patella* ebenso wie *Litorina* sich Vertiefungen in den Felsen zu bohren im Stande sind. Sogar *Helix* soll sich Löcher in Steine bohren können.

Die Mehrzahl der Schnecken kriechen am Meeresboden oder auf Pflanzen umher. Indem sie ihren Fuss ausdehnen, nehmen sie grosse Mengen von Seewasser in ihren Körper auf, die bei der Kontraktion wieder ausgepresst werden. Beim Kriechen wird oft die Schale durch Mantellappen theilweise verhüllt. Viele Schnecken kriechen im Sand oder Schlamm so, dass nur ein Theil der Schale über das Sediment herausragt.

Die Korallenriffe¹⁾ von Mauritius sind ein Paradies für Gastropoden. Es giebt keine Region derselben, wo sie fehlten. *Litorina* und *Onchidium* sitzen oft lange Zeit auf den Klippen über dem Wasser. Kleine *Mitra* graben sich bei Ebbe in den Kalksand ein; meistens verrathen sie ihren Aufenthaltsort durch unscheinbare Kriechfurchen in der Oberfläche des Sandes.

Litiopa, *Rissoa parva*, *Cerithium truncatum* und *Physa fontinalis* spinnen einen Faden, mit Hilfe dessen sie sich zeitweise anheften.

Bulla Akera tummelt sich in der Jugend im Wasser lebhaft schwimmend umher, *Strombus* vermag mit seinem Fuss zu springen.

Zum Plankton gehören *Janthina*, *Glaucus* und *Phylliroe*.

Das Reproduktionsvermögen der Schnecken ist sehr gross. *Chiton cinereus* legt in 15 Minuten 1500 Eier, und bei den meisten Schnecken hat der Laich eine sehr charakteristische Gestalt. Die Pflanzenfresser legen ihre Eier in gallertigen Hüllen, während bei den Fleischfressern hornige Eikapseln vorhanden sind.

Litorina litorica und *Paludina vivipara* sind lebendig gebärend.

Bekanntlich unterscheidet sich die Embryonalschale, der spätere „Nucleus“ an der Spitze des Gehäuses, oftmals von der Form der definitiven Schale. Der Nucleus²⁾ von Tiefseeschnecken ist häufig viel grösser als der bei litoralen Formen, was auf eine langsamere Entwicklung deuten dürfte. Die Schalenspitze³⁾ von *Fasciolaria*, *Pyrula*, *Magilus* ist mit dichtem Kalk ausgefüllt, während bei *Ranella*, *Murex*, *Rostellaria* unregelmässige Scheidewände gebildet werden.

Die meisten Schnecken bewohnen das Meer; *Auricula*, *Lymnaea*, *Paludina*, *Neritina*, finden sich im Meer und im Süsswasser. Sehr euryhalin sind auch *Melania*, *Melanopsis*, *Aplysia*, *Cerithium*, *Bulla*, *Ampullaria*.

1) MOEBIUS, Mauritius, S. 44.

2) DALL, Proc. Nat. Mus. 1889, S. 220.

3) AGASSIZ, Neues Jahrb. f. Min. 1838, S. 51.

Die Pulmonaten bewohnen das feste Land. Die Laubschnecken¹⁾, welche von lebenden Pflanzen leben, haben mässig dünne glänzende Schalen und eine annähernd kugelige Gestalt. Die Erdschnecken zeigen eine dickere, mattere, durch grobe Anwachslinien rauhe Schale von grösseren Dimensionen, die Felschnecken endlich sind nie kugelig, sondern plattscheibenförmig oder langgestreckt.

Die Schnecken des Süsswassers, die auf Schlamm leben, haben dünne, einfarbig braune oder schwarze Schalen, dagegen sind die Schnecken reissender Bäche und Flüsse dickschalig und haben meist abgeriebene Wirbel.

Acanthochilites fascicularis L.

1—145 f.
1—264 m.

Acanthochilton Garnoti Bl.
Seichtwasser.

Acanthopleura spiniger Sow.

6 f.
10 m.

Accra bullata Müll.

1—35 f.
1—64 m.

Acirsa Eschrichti Holb.

20 f.
36 m.

Acirsa praelonga Jeffr.

944—1450 f.
1725—2651 m.

Actis hyalina W.

350 f.
639 m.

Actis mizon W.

78 f.
142 m.

Actis nucleata Dall

294—496 f.
536—906 m.

Actis supranitida Searl.
auf Sand und Nulliporen

+ 18 f.
+ 32 m.

Actis unica Mont.

10—20 f.
18—36 m.

Actis Walleri Jeffr.

10—1622 f.
18—2966 m.

1) v. MARTENS, Ueber die Verbreitung der europ. Land- und Süsswassergastropoden, 1855.

<i>Acmaea testudinalis</i> Müll.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Acmaea virginea</i> Müll.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Actaeon australis</i> im Hafen von Port Jackson.	
<i>Actaen curtulus</i> Dall	122 f. 222 m.
<i>Actaeon exilis</i> Jeffr.	92—1456 f. 168—2662 m.
<i>Actaeon flammeus</i> Gm.	8—28 f. 14—51 m.
<i>Actaeon pusillus</i> Forb.	217 f. 396 m.
<i>Actaeon tornatilis</i> L.	8—100 f. 14—182 m.
<i>Addisonia excentrica</i> Tiberi	69—1000 f. 126—1828 m.
<i>Addisonia paradoxa</i> Dall	69—130 f. 126—236 m.
<i>Adeorbis fragilis</i> Sars	60—190 f. 109—346 m.
<i>Adeorbis sincera</i> Dall	294—391 f. 536—714 m.
<i>Adeorbis subcarinatus</i> Me.	3—60 f. 5—109 m.
<i>Admete (Cancellaria) contabulata</i> Friele	146—649 f. 266—1186 m.
<i>Admete globularis</i> Sm.	48 f. 87 m.
<i>Admete viridula</i> Fab.	1—994 f. 1—1816 m.
<i>Aesopus metcalfei</i> Dall	10 f. 18 m.

<i>Alaba conoidea</i> Dall	49—294 f. 89—536 m.
<i>Alaba (Diala) limnaciiformis</i> W.	50—150 f. 91—273 m.
<i>Alcyna ocellata</i> Ad.	25 f. 45 m.
<i>Alectryon papillosa</i> L. Chem. auf den Riffen von Madagascar unter Steinen.	
<i>Alvania crenulata</i> Mich.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Alvania Jeffreysii</i> Wall.	40—300 f. 73—548 m.
<i>Alvania punctura</i> Mont.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Amalthea australis</i> Lam.	1—18 f. 1—32 m.
<i>Amalthea effodiens</i> Carp.	20 f. 36 m.
<i>Amaroecium pallidum</i>	45 f. 82 m.
<i>Amaura candida</i> Möll.	10—12 f. 18—21 m.
<i>Amauropsis islandica</i> Gmel.	10—50 f. 18—91 m.
<i>Amphisphyra hiemalis</i> Couth.	1000 f. 1828 m.
<i>Amphisphyra Seguenzae</i> W.	350—1000 f. 639—1828 m.
<i>Ampullaria</i> bewohnt langsam fliessende Ströme mit schlammigem Boden, lebt von Pflanzen.	
<i>Ampullaria Smithii</i> Brown	8—50 f. 14—91 m.
<i>Anachis Haliaeeti</i> Jeffr.	52—114 f. 95—207 m.

<i>Anatina impressa</i> W.	7 f. 12 m.
<i>Ancilla obtusa</i> Sw.	15—20 f. 27—36 m.
<i>Ancilla (Anaulax) pyramidalis</i> Reeve	150 f. 273 m.
<i>Ancillaria</i> lebt auf schlammigem Grunde, bewegt sich sehr lebhaft, scheidet viel Schleim ab.	
<i>Ancillaria Tankervillei</i> Swains.	12—52 f. 21—95 m.
<i>Ancylus striatus</i> auf Teneriffa nahe bei fliessendem Wasser lebend.	
<i>Antalis agilis</i> Sars	200—300 f. 365—548 m.
<i>Antalis entalis</i> L.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Aplustrum scabrum</i> Chem.	2—18 f. 3—32 m.
<i>Aporhais cancellata</i> Lam.	15—25 f. 27—45 m.
<i>Aporhais occidentalis</i> Beck.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Aporhais pes carbonis</i> Brong.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Aporhais pes pelecani</i> L. auf Schlamm, Sand, Kies, aber nicht auf Felsen	5—422 f. 9—771 m.
<i>Aporhais serresianus</i> Mich.	40—1230 f. 73—2248 m.
<i>Astyris dissimilis</i>	8—30 f. 14—54 m.
<i>Astyris Holbölli</i> Möll.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Astyris lunata</i> Dall	1—14 f. 1—25 m.

Astyris zonalis V.33 f.
60 m.*Atys alicula* Ad.5—20 f.
9—36 m.*Atys cylindrica* Helbl.12 f.
21 m.*Atys naucum*

auf Mahe auf Sand und an einzelnen Felsen

2—3 m.

Atys Sandersoni Dall20 f.
36 m.*Atys utriculus* Broecchi20—70 f.
36—128 m.*Auricula Firminii* Payr.

Strand.

Auricula stagnalis

auf Panama in sumpfigen Seen.

Auricula Tabogensis

auf Panama an Steinen in der Fluthzone.

Auriculina diaphana Jeffr.30—50 f.
54—91 m.*Auriculina Grayi* Ad.63 f.
115 m.*Auriculina insculpta* Mont.30—300 f.
54—548 m.*Barleia rubra* Mont.1—120 f.
1—218 m.*Bela cancellata* Migh.5—430 f.
9—785 m.*Bela decussata*45 f.
82 m.*Bela elegans* Möll.20—300 f.
36—548 m.*Bela harpularia*8—30 f.
14—54 m.*Bela jessoensis* Sm.43 f.
78 m.

<i>Bela lyriaca</i> Forb.	80 f. 146 m.
<i>Bela rufa</i> Mont.	10—200 f. 18—364 m.
<i>Bela rugulata</i> var. <i>typica</i> Troschel	10—197 f. 18—379 m.
<i>Bela turricula</i> Mont.	4—100 f. 7—182 m.
<i>Bembix aeola</i> W.	345—565 f. 630—1032 m.
<i>Benthonella gaze</i> Dall	420—1019 f. 767—1862 m.
<i>Bifrontia</i> (?) <i>pernambucensis</i> W.	350 f. 639 m.
<i>Bittium amblypterum</i> W.	450—1261 f. 822—2305 m.
<i>Bittium granarium</i> Kiener	2—35 f. 3—64 m.
<i>Bittium nigrum</i> Totten	3 f. 5 m.
<i>Bittium reticulatum</i> da Costa	1—500 f. 1—914 m.
<i>Boreochiton ruber</i> Lowe	1—60 f. 1—109 m.
<i>Borcofusus Berniciensis</i> King	50—100 f. 91—182 m.
<i>Borsonia silicea</i> W.	350 f. 639 m.
<i>Buccinopsis eburnea</i> Sars	40—100 f. 73—182 m.
<i>Buccinum albozonatum</i> W.	28 f. 51 m.
<i>Buccinum Ascanias</i> Brug.	10—30 f. 18—54 m.

Buccinum corniculum Lam.2 f.
3 m.*Buccinum cyaneum* Br.200 f.
365 m.*Buccinum distortum*
in Felsenspalten der Fluthzone.*Buccinum groenlandicum* Chem.1—250 f.
1—456 m.*Buccinum inflatum* Lam.2—10 f.
3—18 m.*Buccinum insigne*

in Felsenriffen auf Sandgrund unter Steinen.

Buccinum laevior Mörch10—20 f.
18—36 m.*Buccinum laevissimum*

sehr gefrüssig, gräbt sich mit seinem Fuss in den Sand.

Buccinum ovum Tur.4—60 f.
7—109 m.*Buccinum raphanus*

auf Neuseeland

1—25 f.
1—45 m.*Buccinum scriptum* Phil.1—2 f.
1—3 m.*Buccinum sericata*136—649 f.
247—1186 m.*Buccinum tenue* Gr.88—92 f.
160—168 m.*Buccinum undatum* L.überall, auf jedem Boden, und in allen Tiefen; an den englischen
Küsten am häufigsten:10—15 f.
18—27 m.

sonst

1—150 f.
1—273 m.*Buccinum viridum* Dall414 f.
756 m.*Bufonaria scrobiculata* L.8—20 f.
14—36 m.*Bulla*die meisten Arten lieben ruhiges Wasser, nur *B. viridis* Rang
mit kräftiger Schale, lebt auf Felsen der Insel Guam.

<i>Bulla ampulla</i> L.	1—10 f. 2—18 m.
<i>Bulla Cranchii</i> Leek.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Bulla hydatis</i> L.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Bulla Krebsii</i> Dall	880 f. 1609 m.
<i>Bulla lignaria</i> Forb.	2—50 f. 3—91 m.
<i>Bulla luticola</i> auf flüssigem Schlamm, nahe der Ebbezone.	
<i>Bulla propinqua</i> Sars	160 f. 291 m.
<i>Bulla punctulata</i>	10 f. 18 m.
<i>Bulla striata</i> Brueg.	1—88 f. 1—160 m.
<i>Bulla utriculus</i> Bro.	18—140 f. 32—255 m.
<i>Bithynia rubens</i> Menke von der <i>Procupine</i> in	1450 f. gefunden 2651 m.
<i>Cadulus gadus</i> M. And.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Cadulus gracilis</i> Jeffr.	450—1125 f. 822—2056 m.
<i>Cadulus olivi</i> Scacchi.	80—1450 f. 146—2651 m.
<i>Cadulus propinquus</i> Sars	100—450 f. 182—822 m.
<i>Cadulus quadridentatus</i> Dall	7—50 f. 12—91 m.
<i>Cadulus simillimus</i> Watson	6—155 f. 10—282 m.

Cadulus subfusiformis Sars40—950 f.
73—1736 m.*Cadulus tumidosus* Jeffr.110—1450 f.
200—2651 m.*Cadulus tumidus* Jeffr.110—1450 f.
200—2651 m.*Caecum annulatum* Brown. Carp.
Sand.*Caecum elegantissimum* Carp.78 f.
142 m.*Caecum glabrum* Mont.4—50 f.
7—91 m.*Caecum sepimentum* de Folin.20—40 f.
36—73 m.*Caecum subflavum* de Folin.8 f.
14 m.*Caecum trachea* Mont.8—50 f.
14—91 m.*Calliostoma Coppingeri* Smith.10—43 f.
18—78 m.*Calliostoma occidentale*33 f.
60 m.*Calliostoma platinum* Dall414 f.
756 m.*Calliotectum vernicosum* Dall741—812 f.
1354—1484 m.*Callistochiton antiquus* Reeve6—15 f.
10—27 m.*Callochiton laevis* Penu.10—30 f.
18—54 m.*Callochiton platessa* Gould.6—15 f.
10—27 m.*Callogaza Watsoni* Dall84—640 f.
153—1170 m.

- Calypttraca aspera*
unter Steinen in der Ebbezone furchtsam, lichtscheu.
Calypttraca calypttraciformis Lam.
2—40 f.
3—73 m.
- Calypttraca chinensis* L.
1—130 f.
1—236 m.
- Calypttraca dormitoria* Reeve
in der Schorre.
Calypttraca equestris L.
3 m.
- Calypttraca muricata* Ba.
10—20 f.
18—36 m.
- Calypttraca radiata*
auf sandigem Schlamm, an todtten Schalen aufsitzend
7—14 f.
12—25 m.
- Cancellaria cancellata* L.
3—8 f.
5—14 m.
- Cancellaria clavatula*
7 f.
12 m.
- Cancellaria (Merica) Fischeri* Ad.
63 f.
115 m.
- Cancellaria imbricata* W.
150 f.
273 m.
- Cancellaria scalarina* Lam.
am Felsen.
Cancellaria specularis Wat.
25—75 f.
45—137 m.
- Cancellaria undulata* Sow.
6—7 f.
10—12 m.
- Cancellaria viridula* Fabr.
2—1255 f.
3—2294 m.
- Capulus hungaricus* L.
an grossen Steinen und Schalen, besonders an *Mytilus modiolus*
1—530 f.
1—968 m.
- Capulus japonicus* Ad.
16—25 f.
29—45 m.
- Capulus (Amathina) tricarinatus* L.
6—8 f.
10—14 m.

- Cassidaria echinophora* L.
4—45 f.
7—82 m.
- Cassidaria (Sconsia) striata* Lam.
350 f.
639 m.
- Cassidaria tyrrhena* L.
1 † 48 f.
1 † 87 m.
- Cassidula labrella* Desh.
Strand und Brackwasser.
- Cassis coarctata*
in Felsspalten.
- Cassis glauca*
bewegt sich sehr lebhaft.
- Cassis pila* Reeve
2—28 f.
3—51 m.
- Cassis sulcosa* Brug.
1—10 f.
1—18 m.
- Cassis undulata* L.
† 30 f.
† 54 m.
- Cassis vibex* L.
am Felsen auf J. de France.
- Cassis (Becoardica) Weyillii* W.
100—115 f.
182—209 m.
- Cerithiopsis costulata* Möll.
60—450 f.
109—822 m.
- Cerithiopsis fayalensis* W.
1—500 f.
1—914 m.
- Cerithiopsis Greeni* D.
2—10 f.
3—18 m.
- Cerithiopsis tubercularis* Mont.
lebt unter Steinen
1—20 f. † 1039 f.
1—36 m. † 1899 m.
- wird todt auch in grossen Tiefen gefunden.
- Cerithium*
langsame furchtsame Thiere; lieben schlammigen Boden und
können lange ausser Wasser sein. Manche Arten sind besonders
häufig um die Mündung kleiner Flüsse.
- Cerithium adenense* Sow.
5—10 f.
9—18 m.

<i>Cerithium aluacaster</i> Broechi	2—45 f. 3—82 m.
<i>Cerithium balteatum</i> Ph.	3—12 f. 5—21 m.
<i>Cerithium fuscatum</i> Costa	1—2 f. 1—3 m.
<i>Cerithium gemmatum</i>	2—7 f. 3—12 m.
<i>Cerithium gracile</i> Jeffr.	681—1261 f. 1245—2305 m.
<i>Cerithium lacteum</i> Phil.	1 † 30 f. 1 † 54 m.
<i>Cerithium lima</i> Brug.	3—80 f. 5—146 m.
<i>Cerithium matukense</i> W.	310—315 f. 566—575 m.
<i>Cerithium metula</i> Løv.	30—862 f. 54—1576 m.
<i>Cerithium morum</i> Lam. lebt in Mahè auf mit Pflanzen bewachsenen Erhöhungen, welche bei Ebbe trocken liegen.	
<i>Cerithium nodulosum</i> Brug., Chemn. lebt von Pflanzen.	1—3 m.
<i>Cerithium procerum</i> Jeffr.	1450 f. 2651 m.
<i>Cerithium reticulatum</i> Da Costa unter Steinen	1—50 f. 1—91 m.
<i>Cerithium tuberculatum</i> L.	1—120 f. 1—218 m.
<i>Cerithium vulgatum</i> Brug. in litoralen Tümpeln	11—40 f. 20—73 m.
<i>Chaetopleura apiculata</i> Say.	210 f. 383 m.

Chelidonura hirundinina Q. G.

an ruhigen Stellen, bei Ebbe 2 cm unter Wasser.

Chemnitzia communis

bei Ebbe unter Steinen.

Chemnitzia elegantissima Barret

1—160 f.

1—291 m.

Chemnitzia fenestrata Forb.

J 8 f.

7—14 m.

Chemnitzia fulvocincta Thom.

6—80 f.

10—146 m.

Chiton

meist gut dem Untergrund in Farbe und Form angepasst. An Arten und Individuen im gemässigten Klima reicher als in der Tropenzone

Chiton abyssorum Sars

100—300 f.

182—548 m.

Chiton albus L.

10—327 f.

18—597 m.

Chiton alveolus Sars

120—664 f.

218—1214 m.

Chiton cinereus L.

10—530 f.

18—968 m.

Chiton fascicularis L.

5—30 f.

9—54 m.

Chiton gigas Gm.

117 f.

214 m.

Chiton Hanleyi Bean

20—300 f.

36—548 m.

Chiton laevis Penn.

15—80 f.

27—146 m.

Chiton marginatus Penn.

Seichtwasser, auf Steinen.

Chiton mendicaris Migh.

8—300 f.

14—548 m.

Chiton Polii Phil.

1—2 f.

1—3 m.

<i>Chiton pulchellus</i>	30—40 f. 54—73 m.
<i>Chiton Rissoi</i> Payr.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Chiton ruber</i> L.	7—20 f. 12—36 m.
<i>Chiton sículus</i> Gray	1—2 f. 1—3 m.
<i>Chiton squamosus</i> L.	1—30 f. 1—54 m.
<i>Chlamidota vestita</i> v. Mart.	5—28 f. 9—51 m.
<i>Chrysodomus amiantus</i> Dall	414 f. 756 m.
<i>Chrysodomus Turtoni</i> Bean.	20—100 f. 36—182 m.
<i>Cichoreus adustus</i> Lam.	1—4 m.
<i>Cingula castanea</i> Möll.	5—10 f. 9—18 m.
<i>Cingula cingillus</i> v. Mart. Seichtwasser.	
<i>Cioniscus gracilis</i> Jeffr.	108—1622 f. 196—2966 m.
<i>Circulus striatus</i> Phil.	20—50 f. 36—91 m.
<i>Cintha margaritifera</i> W.	2050 f. 3748 m.
<i>Cintha tenellus</i> Jeffr.	350—1125 f. 639—2056 m.
<i>Clathurella (Daphnella) aulacoessa</i> W.	28 f. 51 m.
<i>Clathurella formosa</i> Jeffr.	390—1125 f. 712—2056 m.
<i>Clathurella linearis</i> Mont.	10—80 f. 18—146 m.

<i>Clathurella (Daphnella) monoceros</i> W.	2500 f. 4571 m.
<i>Clathurella scalarina</i> Desh. Seichtwasser.	
<i>Clidiophora trilineata</i> Carp.	1—30 f. 1—54 m.
<i>Clionella carbonaria</i> Reeve	6—10 f. 11—18 m.
<i>Clionella lophoessa</i> W.	350—675 f. 639—1234 m.
<i>Clionella quadruplex</i> W.	1000 f. 1828 m.
<i>Cocculina angulata</i> Watson	20 f. 36 m.
<i>Cocculina Beanii</i> Dall	880 f. 1609 m.
<i>Cocculina Rathburni</i> Dall	399—502 f. 739—917 m.
<i>Columbella astramentaria</i> unter Steinen, Seichtwasser.	
<i>Columbella bicanalifera</i> auf Schlamm	10 f. 18 m.
<i>Columbella costulata</i> Cant.	85—544 f. 155—994 m.
<i>Columbella gervillii</i> Payr.	30 † 40 f. 54 † 73 m.
<i>Columbella (Anachis) haliaeti</i> Jeffr.	450—500 f. 822—914 m.
<i>Columbella minima</i> Gask.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Columbella molliculina</i> Duclos	10 f. 18 m.
<i>Columbella nana</i> Lov.	30—180 f. 54—344 m.

<i>Columbella permodesta</i> Dall	276 f. 503 m.
<i>Columbella poecila</i> Sow. Seichtwasser, in Sand.	
<i>Columbella rustica</i> L.	1—70 f. 1—128 m.
<i>Columbella scripta</i> L.	3—10 f. 5—18 m.
<i>Cominella modesta</i> v. Mart. Strand.	
<i>Cominella typica</i> Dunk.	2—15 f. 3—27 m.
<i>Cominella vestita</i> v. Mart.	5—7 f. 9—12 m.
<i>Conomitra intermedia</i> Dall	496 f. 906 m.
<i>Conradia cingulifera</i> Ad.	63 f. 115 m.
<i>Conulus millegranus</i> Phil.	10—100 f. 18—182 m.
<i>Conus</i> die furchtsamsten aller Meeresmollusken.	
<i>Conus (Leptoconus) anemone</i> Lam.	38—40 f. 69—73 m.
<i>Conus arenatus</i> Hwass. Seichtwasser.	
<i>Conus bruncus</i> in Felsspalten der Ebbezone.	
<i>Conus Cleryi</i> Reeve	10—59 f. 18—107 m.
<i>Conus (Lithoconus) cburneus</i> Hwass	10—20 f. 18—36 m.
<i>Conus marmoreus</i> auf Mauritius.	
<i>Conus mediterraneus</i> Brg.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Conus papilionaceus</i> Brug.	12—20 f. 21—36 m.

- Conus princeps*
auf Sand, Schlamm, unter Steinen, in Felspalten der Ebbezone.
- Coralliophila neritioidea* Chem.
zwischen Pflanzen in der Brandung
2—3 m.
- Coralliophila tectumsinensis* Desh.
60—70 f.
110—128 m.
- Coronaxis pusillus* Chem.
Seichtwasser.
- Couthouyia decussata* Ad.
63 f.
115 m.
- Craniopsis asturiana* Fischer
270—496 f.
493—906 m.
- Craspedochilus marginatus* Penn.
1—5 f.
1—9 m.
- Craspedotus limbatus* Phil.
auf einem Kabel zwischen Bona und Cagliari
2000 f.
3657 m.
- Craspedotus Tinei* Calc.
80—100 f.
146—182 m.
- Crepidula*
sehr furchtsam und lichtscheu, immer an Fremdkörpern angeheftet. Tragen ihre Eier unter der Schale.
- Crepidula (Sandalium) aculeata* Gm.
10—60 f.
18—109 m.
- Crepidula fornicata* L.
1—25 f.
1—45 m.
- Crepidula gibbosa* Defr.
10—40 f.
18—73 m.
- Crepidula incurva*
an todtten Schalen auf sandigem Schlamm
6—10 f.
10—18 m.
- Crepidula unguiformis*
in Schneckenschalen
1—40 f.
1—73 m.
- Crossca striata* W.
6 f.
10 m.

<i>Crucibulum striatum</i> Ad.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Cryptoplax larvaeformis</i> Blainv. Seichtwasser.	
<i>Cryptoplax striatus</i> Lam.	6—15 f. 10—27 m.
<i>Cyclostrema arcolatum</i> Sars	80—100 f. 146—182 m.
<i>Cyclostrema basistriatum</i> Jeffr.	50—1333 f. 91—2437 m.
<i>Cyclostrema cistronium</i> Dall	22—63 f. 40—115 m.
<i>Cyclostrema excavatum</i> W.	390 f. 712 m.
<i>Cyclostrema nitens</i> Phil.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Cyclostrema Petterseni</i> F.	107—630 f. 194—1188 m.
<i>Cyclostrema serpuloides</i> Mont.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Cyclostrema valvatoides</i> Jeffr.	1019 f. 1862 m.
<i>Cylichna acuminata</i> Brug.	10 f. 18 m.
<i>Cylichna alba</i> Brown	10—1400 f. 18—2560 m.
<i>Cylichna arachis</i> Q. G.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cylichna cylindracea</i> Penn.	12—106 f. 21—192 m.
<i>Cylichna Gouldii</i> Park.	20—50 f. 36—91 m.
<i>Cylichna Hörnesi</i> Weink.	8—20 f. 14—36 m.

<i>Cylichna ovata</i> Jeffr.	337—464 f. 615—848 m.
<i>Cylichna pertenuis</i> Migh.	3 f. 5 m.
<i>Cylichna umbilicata</i> Mont.	10—220 f. 18—401 m.
<i>Cylindrobulla fragilis</i> Jeffr.	1521—1536 f. 2781—2808 m.
<i>Cymba olla</i> L.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Cypraea</i> die grossen Arten leben in tropischen Meeren, scheuen das Tages- licht und verbergen sich unter Steinen.	
<i>Cypraea (Trivia) candidula</i> Gask.	450—490 f. 822—895 m.
<i>Cypraea cinerea</i> Gm.	350—400 f. 639—731 m.
<i>Cypraea coccinella</i> Lam.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Cypraea europaea</i> Mont. meist auf felsigem Grund	1—530 f. 1—968 m.
<i>Cypraea lurida</i> L.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Cypraea lynx</i> L. lebt von Pflanzen	2—4 m.
<i>Cypraea miliaris</i> Gm.	8—30 f. 14—54 m.
<i>Cypraea pulex</i> Sol.	1—24 f. 1—43 m.
<i>Cypraea pyrum</i> L. Seichtwasser.	
<i>Cypraea spurica</i> L.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Dacrydium vitreum</i>	60—142 f. 109 258 m.

<i>Daphnella Cumingii</i> P.	2—5 f. 3—9 m.
<i>Daphnella nitida</i> Kiener Seichtwasser.	
<i>Defrancia amoena</i> Sars	70—649 f. 128—1186 m.
<i>Defrancia gracilis</i> Mont.	10—25 f. 18—45 m.
<i>Defrancia Leufroyi</i> Mich.	50—60 f. 91—109 m.
<i>Defrancia linearis</i> Mont.	6—1412 f. 10—2581 m.
<i>Defrancia nodulosa</i> Jeffr.	611—1216 f. 1117—2223 m.
<i>Defrancia pyramidalis</i> Str.	50—100 f. 91—182 m.
<i>Defrancia reticulata</i> Ren.	3—100 f. 5—182 m.
<i>Defrancia rubida</i> Hinds	2—5 f. 3—9 m.
<i>Defrancia tenella</i> Jeffr.	1963 f. 3589 m.
<i>Dentalium abyssorum</i> Sars	30—1476 f. 54—2698 m.
<i>Dentalium aegum</i> Wat.	110—201 f. 200—366 m.
<i>Dentalium agile</i> Sars	30—1963 f. 54—3589 m.
<i>Dentalium attenuatum</i> Say.	220 f. 401 m.
<i>Dentalium Belcheri</i> Sow.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Dentalium candidum</i> Jeffr.	410—2435 f. 749—4453 m.

<i>Dentalium dentalis</i> L.	15—450 f. 27—822 m.
<i>Dentalium entalis</i> L.	10—664 f. 18—1214 m.
<i>Dentalium fissura</i> Lam.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Dentalium Keras</i> Wat.	2050—2160 f. 3748—3949 m.
<i>Dentalium megathyris</i> Dall	812—1342 f. 1484—2453 m.
<i>Dentalium occidentale</i>	60—150 f. 109—273 m.
<i>Dentalium</i> var. <i>orthrum</i> Wat.	140—1750 f. 255—3199 m.
<i>Dentalium perlongatum</i> Dall	687—1012 f. 1256—1849 m.
<i>Dentalium quinquangulare</i> For.	150—230 f. 273—419 m.
<i>Dentalium tarentinum</i> Lam.	2—200 f. 3—365 m.
<i>Diadora noachina</i>	1—430 f. 1—786 m.
<i>Diaphana globosa</i> Lov.	50—300 f. 91—548 m.
<i>Diaphana hyalina</i> Turt.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Dischides bifissus</i> Wood	5—180 f. 9—328 m.
<i>Dolium Bairdii</i> Ver. Sm.	94—202 f. 171—368 m.
<i>Dolium galca</i> Lam.	3—45 f. 5—82 m.
<i>Dolium perdix</i> L. Seichtwasser.	
<i>Dolium ringens</i> Seichtwasser, unter und zwischen Steinen.	

<i>Drillia crenularis</i> Lam.	2—5 f. 3—9 m.
<i>Drillia Jeffreysii</i> Sm.	3—43 f. 5—78 m.
<i>Drillia pagodula</i> Dall	50 f. 91 m.
<i>Drillia varicosa</i> Reeve Seichtwasser.	
<i>Dunkeria falcifera</i> W.	1000—1075 f. 1828—1965 m.
<i>Eatoniella caliginosa</i> G.	1—73 f. 1—133 m.
<i>Eatoniella Kerguelensis</i> Sm.	40 f. 73 m.
<i>Eatoniella subrufescens</i> Sm.	7—25 f. 12—45 m.
<i>Eburna australis</i> Sow.	6—38 f. 10—69 m.
<i>Emarginula anatina</i> Don.	6—15 f. 10—27 m.
<i>Emarginula cancellata</i> Phil.	20—25 f. † 100 f. 36—45 m. † 182 m.
<i>Emarginula crassa</i> Sow.	1—300 f. 1—548 m.
<i>Emarginula elongata</i> Costa.	40 f. † 100 f. 73 m. † 182 m.
<i>Emarginula fissura</i> L. häufig in verschiedenen Tiefen auf steinigem Grund und Conchilien	1—420 f. 1—767 m.
<i>Emarginula Huzardi</i> Payr.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Emarginula Mülleri</i> Forb.	7—30 f. 12—54 m.
<i>Emarginula multistriata</i> Jeffr.	217—374 f. 396—683 m.

<i>Emarginula reticulata</i> Sow.	1—100 f. 1—182 m.
<i>Emarginula tumida</i> Sow.	20 f. 36 m.
<i>Encina mendicaria</i> L. herbivor, auf pflanzenbewachsenen Felsen	3 m.
<i>Enida japonica</i> Ad.	63 f. 115 m.
<i>Entalis striolata</i>	1—150 f. 1—273 m.
<i>Erato laevis</i> Donovan.	12—50 f. 21—91 m.
<i>Erato scabriuscula</i> auf Sand und Steinen bei Panama.	
<i>Euchelus forcolatus</i> Ad.	8—10 f. 14—18 m.
<i>Eugyra pilularis</i>	45 f. 82 m.
<i>Eulima acuta</i> Ad.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Eulima bilineata</i> Alder	20 f. 36 m.
<i>Eulima distorta</i> DeFr.	1—1261 f. 1—2305 m.
<i>Eulima famelica</i> W.	450 f. 822 m.
<i>Eulima Laurae</i> Friele	649 f. 1186 m.
<i>Eulima Philippii</i> Weink.	1—140 f. 1—255 m.
<i>Eulima polita</i> L.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Eulima stenostoma</i> Jeffr.	40—1456 f. 73—2662 m.

<i>Eulima subulata</i> Donovan.	2—227 f. 3—414 m.
<i>Eulimella acicula</i> Phil.	2—35 f. 3—64 m.
<i>Eulimella rudis</i> W.	350 f. 639 m.
<i>Eulimella Scillae</i> Scacchi	15—300 f. 27—548 m.
<i>Eulimella subtilis</i> W.	3—11 f. 5—20 m.
<i>Eupleura caudata</i> Ad.	1—8 f. 1—14 m.
<i>Eupleura Stimpsoni</i> Dall	100 f. 182 m.
<i>Euthria chlorotica</i> v. Mart.	65—120 f. 119—218 m.
<i>Euthria cornea</i> L.	5—15 f. 9—27 m.
<i>Euthria furcata</i> Brug.	25 f. 45 m.
<i>Euthria viridula</i> Dunk.	43 f. 78 m.
<i>Eutropia variegata</i> Lam.	2—6 f. 3—10 m.
<i>Fasciolaria granosa</i> auf Schlamm zwischen Steinen.	
<i>Fasciolaria ligata</i> Migh.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Fasciolaria tarentina</i> Lam.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Fasciolaria trapezium</i> L.	1—18 f. 1—32 m.
<i>Fenella elongata</i> W.	390—1000 f. 712—1828 m.

Ficula ventricosa

in der Ebbezone auf Sandboden.

Ficula ficus L.

auf den Riffen von Madagascar.

Fiona nobilis Alder

100—130 f.

182—236 m.

Fissurella findet sich zwar in allen Breiten, lebt aber immer vereinzelt. Nur bei *Banguls* ist eine 30 m lange Fläche, wo sie ziemlich häufig sind, dennoch sind sie schwer zu finden, weil sie sich stets unter Kalkalgen und Ulvabüschen verstecken. Sie können ziemlich lange bei Ebbe ausser Wasser leben. Sie sitzen auf der Oberseite oder an der Unterseite von Steinen und sind nur herbivor. In ihrem Darm findet man Sand mit Diatomeen und kleinen Algen. Ihr Laich besteht aus einer Schnur.

Fissurella aequalis

6—10 f.

10—18 m.

Fissurella (Lucapina) *cayenensis* Lam.

350—435 f.

639—795 m.

Fissurella crassa Lam.

Seichtwasser.

Fissurella gibba Phil.

1—60 f.

1—109 m.

Fissurella graeca L.

1—95 f.

1—173 m.

Fissurella microtrema

in der Ebbezone unter Steinen.

Fissurella neglecta Desh.

Seichtwasser.

Fissurella picta Gm.

12 f.

21 m.

Fissurella reticulata Forb.

7—30 f.

12—54 m.

Fissurisepta granulosa Jeffr.

50 f.

91 m.

Fissurisepta papillosa Segu.

40—60 f.

73—109 m.

Fissurisepta rostrata Segu.

390—1375 f.

712—2514 m.

Fissurisepta triangulata Dall

222—294 f.

405—536 m.

Fossarus Adansonii Phil.

Seichtwasser.

Fossarus ambiguus L.7—350 f.
12—639 m.*Fossarus cercus* W.1400 f.
2560 m.*Francisia spinosa* Brug.6 f.
10 m.*Fusus alcimus* var. *Rushii* Dall200 f.
365 m.*Fusus antiquus* L.1—70 f.
1—128 m.*Fusus attenuatus* Jeffr.690—1215 f.
1261—2221 m.*Fusus (Neptunea) calathiscus* W.1600 f.
2926 m.*Fusus ceramides* Dall73—103 f.
133—187 m.*Fusus colus* L.10—20 f.
18—36 m.*Fusus corallinus* Scacchi20—40 f.
36—73 m.*Fusus fenestratus* Turt.200—1630 f.
365—2980 m.*Fusus gracilis* Da Costa

in Schlamm unter

15 f.
27 m.*Fusus islandicus* Chem.30—300 f.
54—548 m.*Fusus marmoratus* Ph.

Seichtwasser.

Fusus Möbii Metzger106 f.
192 m.*Fusus muricatus* Mont.80—95 f.
146—173 m.*Fusus multicarinatus* Lam.

auf Schlamm.

Fusus propinquus Alder150—200 f.
273—365 m.*Fusus pulchellus* Phil.8—40 f.
14—73 m.*Fusus pyrolatus* Reeve38—40 f.
69—73 m.*Fusus (Neptunea) regulus* Wat.28 f.
51 m.*Fusus rostratus* Defr. Olivi2—100 f.
3—182 m.*Fusus syracusanus* L.10—20 f.
18—36 m.*Fusus tornatus* Gould.8—10 f.
14—18 m.*Fusus tuberculatus* Lam.

im Sand der Küste.

Gadinia Garnotti Payr.8—30 f.
14—54 m.*Ganessa nitidiuscula* Jeffr.570 f.
1042 m.*Gaza daedala* W.610 f.
1115 m.*Gaza Rathburni* Dall392 f.
716 m.*Genota carpenteriana* Gabb.44 f.
80 m.*Gibbula cineraria* L.1—60 f.
1—109 m.*Gibbula tumida* Mont.3—100 f.
5—182 m.*Glyphostoma gratula* Dall496 f.
906 m.*Guivillia alabastrina* Wats.1600 f.
2926 m.

im Südpolarmeer 20 cm lang.

<i>Haliotis lamellosa</i> Lam. Seichtwasser.	
<i>Haliotis nacvosa</i> Martyn.	2—15 f. 3—27 m.
<i>Haliotis Pourtalesii</i> (?) Dall	33 f. 60 m.
<i>Haliotis tuberculata</i> L.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Haliotis varia</i> L.	10 f. 18 m.
<i>Halistylis columna</i> Dall	10—60 f. 18—109 m.
<i>Haminaca solidaria</i> Say.	3 f. 5 m.
<i>Harpa crassa</i> Ph. Küstengewässer.	
<i>Harpa nobilis</i> Lam.	16—25 f. 29—45 m.
<i>Harpa rosea</i> Lam.	60 f. 110 m.
<i>Harpa ventricosa</i> Lam. lebt von Pflanzen, häufig an Felsen, ist sehr beweglich; wenn sie gereizt wird, so schnürt sie einen Theil ihres Fusses ab	2—4 m.
<i>Harpago Sebac</i> Val.	4 f. 7 m.
<i>Hela tenella</i> Jeffr.	807—1536 f. 1475—2808 m.
<i>Helicion pellucidum</i> L. oft an Laminarien	1—20 f. 1—36 m.
<i>Hemiaclis glabra</i> Sars	80—150 f. 146—273 m.
<i>Hemiaclis ventrosa</i> Jeffr.	200—300 f. 365—558 m.
<i>Hemiarthrum setulosum</i> Carp. Seichtwasser.	
<i>Hemifusus pugilinus</i> Born. auf den Riffen von Madagascar.	

- Hermes clavius*
Seichtwasser.
- Hermes glans* Hwass.
Seichtwasser.
- Hipponyx*
selten auf unbeweglichen Körpern, meist auf langsam kriechenden
Schnecken aufsitzend.
- Hipponyx barbata*
Ebbezone.
- Hipponyx panamensis* 17 f.
31 m.
- Homalaxis zancleus* Phil. 18—117 f.
32—213 m.
- Homalogyra atomus* Phil.
oft an Steinen oder Pflanzen 1—150 f.
1—273 m.
- Homalogyra densicostata* Jeffr. 1622 f.
2966 m.
- Hydatina aphustre* L.
im Schlamm von Flussmündungen auf Mauritius.
- Hydrobia balthica* Nils. 3—4 f.
5—7 m.
- Hydrobia caliginosa* Gould.
Ebbezone.
- Hydrobia ulvae* Penn.
an schlammigen Küsten Englands, sehr euryhalin 1—20 f.
1—36 m.
- Janthina exigua* Lam.
lebt pelagisch, ihre Schale findet sich 0—1675 f.
0—3063 m.
- wird oft an den Küsten tropischer Meere ans Land gespült.
- Jeffreysia cylindrica* Jeffr. 12 f.
21 m.
- Jeffreysia diaphana* Alder 1—5 f.
1—9 m.
- Jeffreysia globularis* Jeffr. 5—10 f.
9—18 m.
- Jeffreysia opalina* Jeffr.
häufig zwischen Laminarien
- Ilyanassa obsoleta* 1—2 f.
1—3 m.

<i>Impages cocrulescens</i> Lam. auf Küstensand.	
<i>Jopas sertum</i> Brug. auf Felsen	1—3 m.
<i>Iphitus tuberculatus</i> W.	390 f. 712 m.
<i>Ischnochiton Boogii</i> H.	7—25 f. 12—45 m.
<i>Isidora Forskali</i> Süßwasser.	
<i>Jumala Ossiani</i> Friele	380—459 f. 694—838 m.
<i>Jumala Turtoni</i> Bean.	127—341 f. 231—622 m.
<i>Lachesis folincae</i> d. Ch. auf Seepflanzen	20 f. 36 m.
<i>Lachesis japonica</i> Ad.	63 f. 115 m.
<i>Lachesis minima</i> Mont.	1—8 f. 1—14 m.
<i>Lacuna crassior</i> Mont.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Lacuna divaricata</i> Fabr. an <i>Laminaria</i> und <i>Fucus</i>	1—36 f. 1—65 m.
<i>Lacuna Heberti</i> Vel.	10—15 m.
<i>Lacuna glacialis</i> Möll.	96 f. 175 m.
<i>Lacuna pallidula</i> da C.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Lacuna parvula</i> C. V.	30—45 m.
<i>Lacuna putcolus</i> Turt.	530 f. 968 m.
<i>Lacuna vineta</i> Seichtwasser.	
<i>Lacunella antarctica</i> v. M. auf Tang.	

<i>Lacocochlis granosa</i> Wood	30—300 f. 54—548 m.
<i>Lamellaria nigra</i> Bl.	2 f. 3 m.
<i>Lamellaria perspicua</i> L. zwischen <i>Laminaria</i> . <i>Lamellaria perspicua</i> L.	1—108 f. 1—196 m.
<i>Lamellaria prodita</i> Lov.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Lamellaria tentaculata</i> Mont.	8—20 f. 14—36 m.
<i>Lepeta cacca</i> Müller	1—690 f. 1—1261 m.
<i>Lepidopleurus alveolus</i> Sars	50—450 f. 91—822 m.
<i>Lepidopleurus cinereus</i> L.	1—20 f. 1—36 m.
<i>Lepidopleurus dorsuosus</i> H.	310 f. 566 m.
<i>Lepidoradsia australis</i> Sow.	6—15 f. 10—27 m.
<i>Leptochiton alveolus</i> Sars	150—420 f. 273—767 m.
<i>Leptochiton benthus</i> Haddon.	2300 f. 4206 m.
<i>Leptoconchus striatus</i> Rüppell in Korallenstöcken. <i>Leucosyrinx Goodei</i> Dall	1050 f. 1919 m.
<i>Leucotina Nipponensis</i> Ad.	63 f. 115 m.
<i>Limnaea mauritiana</i> Süsswasser. <i>Liostomia clavula</i> Lov.	30—50 f. 54—91 m.

- Liostomia eburnea* Stimp.
10—20 f.
18—36 m.
- Liotia granulosa* Dunk.
im Sand.
- Liotia Rüsi* Dunk.
20 f.
36 m.
- Litiopa malanostoma* Rang
pelagisch in der Sargassosee. Die Schale:
0—390 f.
0—712 m.
- Litiopa* (?) *saxicola*
unter Steinen in der Ebbezone.
- Littorina aspera*
über der Fluthgrenze, an grossen Steinen.
- Littorina coerulescens* L.
litoral.
- Littorina diemensis*
bedeckt die Felsen an der Südküste von Neuseeland.
- Littorina littorea* L.
1—7 f.
1—12 m.
- Littorina mauritiana* Lam.
38—40 f.
69—73 m.
- Littorina neritoides* L.
bis hoch über der Wassergrenze.
- Littorina obtusata* L.
oft an steinigen Küsten auf *Fucus*
1—20 f.
1—36 m.
- Littorina rudis* Jeffr.
variiert sehr in ihrer Grösse, wird aber in Spanien ebenso gross
wie in Finnmarken.
- Littorina setosa* Sm.
3—4 f.
5—7 m.
- Littorinella minuta* St.
Seichtwasser.
- Lophyrus albus* L.
5—100 f.
9—182 m.
- Lophyrus exaratus* Sars
60—100 f.
109—182 m.

<i>Lorica volvox</i> Reeve	6—15 f. 10—27 m.
<i>Lottia alveus</i> Conrad	3 f. 5 m.
<i>Lottia patina</i> in der Ebbezone auf und unter Steinen.	
<i>Lovenella metula</i> Lov.	30—650 f. 54—1188 m.
<i>Lucapina Rüppellii</i> Sow. Seichtwasser.	
<i>Lunatia fringilla</i> Dall	391—880 f. 714—1609 m.
<i>Lunatia grönlandica</i>	1—430 f. 1—785 m.
<i>Lunatia heros</i> Ad.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Lunatia Montagui</i> Forb.	15—250 f. 27—456 m.
<i>Lunatia nana</i> Möll.	50—60 f. 91—109 m.
<i>Machaeroplax obscura</i> Couth.	80—800 f. 146—1463 m.
<i>Machaeroplax albula</i> Gould	10—20 f. 18—36 m.
<i>Macrocheilus japonicus</i> Ad.	63 f. 115 m.
<i>Magilus antiquus</i> Montf. Seichtwasser.	
<i>Mamma mamilla</i> L.	1—4 m.
<i>Mangelia antonia</i> Dall	687—880 f. 1256—1609 m.
<i>Mangelia Bertrandi</i> Payr.	13 f. 23 m.
<i>Mangelia brachystoma</i> Phil.	20—150 f. 36—273 m.

<i>Mangelia gracilis</i> Forb. (Mont.)	10—70 f. 18—128 m.
<i>Mangelia nebula</i> Mont.	1—25 f. 1—45 m.
<i>Mangelia nivalis</i> Lov.	30—150 f. 54—273 m.
<i>Mangelia rugulosa</i> Phil.	8—20 f. 14—36 m.
<i>Mangelia sulcosa</i> bei Ebbe unter Steinen.	
<i>Mangelia Vauquelini</i> Payr.	10—50 f. 18—91 m.
<i>Margarita argentata</i> Gould	50 f. 91 m.
<i>Margarita charopus</i> Wat.	75—105 f. 137—191 m.
<i>Margarita cinerea</i>	10—130 f. 18—236 m.
<i>Margarita obscura</i>	1—430 f. 1—785 m.
<i>Margarita olivacea</i> Brown	10—20 f. 18—36 m.
<i>Margarita umbilicalis</i> Sow.	20 f. 36 m.
<i>Margarita undulata</i> Sow.	4—100 f. 7—182 m.
<i>Marginella cinerea</i> Dall	731 f.
<i>Marginella clandestina</i> Brocchi	2—100 f. 3—182 m.
<i>Marginella laevis</i> Forb.	1—30 f. 1—54 m.
<i>Marginella miliacea</i> Lam.	1—8 f. 1—14 m.
<i>Marginella minor</i> auf Kalksand nahe der Küste.	

Marginella (Glabella) musica Hinds.

35—620 f.
64—1133 m.

Marginella pygmaea Issel

1—5 f.
1—9 m.

Marginella rufula Gask.
im Sand der Küste.

Marginella secalina Br.

30 † 69 f.
54 † 126 m.

Marginella (Glabella) turbinata Sow.

2—10 f.
3—18 m.

Marinula elongata Par.
im Brackwasser am Strand.

Marsenia prodita Lov.

20—50 f.
36—91 m.

Mathilda quadricarinata Brocchi

8—227 f.
14—414 m.

Mathilda (Cingulina) spina Crosse, Fischer

2—10 f.
3—18 m.

Melampus fasciatus Dsh.
Strand.

Melania

furchtsame Thiere, lieben zum Theil Schlammboden und brackisches Wasser, zum Theil bewohnen sie fließendes Süßwasser tropischer Zonen.

Menestho albula

8—30 f.
14—54 m.

Mesorhytis costatus Dall

687 f.
1256 m.

Meyeria pusilla Sars

200—300 f.
365—548 m.

Microtoma persica L.
Strand von Mahé.

Mitra

sehr furchtsam, ist gewöhnlich ganz mit Schlamm bedeckt.

Mitra Bairdii Dall

528 f.
965 m.

Mitra columbellaria Scaechi

8—60 f.
14—109 m.

<i>Mitra cornea</i> Lam.	
Strand.	
<i>Mitra ebenus</i> Lam.	10—80 f. 18—146 m.
<i>Mitra episcopalis</i> L.	
auf den Amiranten im Schlamm vergraben.	
<i>Mitra grönländica</i> Möll.	200—420 f. 365—767 m.
<i>Mitra Hanleyi</i> Dohrn	20 f. 36 m.
<i>Mitra (Cancilla) interlirata</i> Reeve	5—155 f. 9—282 m.
<i>Mitra lens</i>	6—14 f. 10—25 m.
<i>Mitra lutescens</i> Lam.	2 f. 3 m.
<i>Mitra pura</i> Ad.	5 f. 9 m.
<i>Mitra solitaria</i>	
unter Steinen nahe dem Strand.	
<i>Mitrularia uncinata</i> Reeve	7—350 f. 12—639 m.
<i>Modulus candidus</i> Pet.	
auf Korallenriffen	4 f. 7 m.
<i>Modulus tectum</i> Gmel.	
herbivor, auf Schlamm und Felsengrund	2—3 m.
<i>Molleria costulata</i> Möll.	1—170 f. 1—310 m.
<i>Molleria laevigata</i> Jeffr.	20—250 f. 36—456 m.
<i>Monoceros brevidentatum</i>	
in Spalten auf Riffen.	
<i>Monodonta conturii</i> Payr.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Monodonta dama</i> Ph.	
Seichtwasser.	
<i>Monodonta jussicui</i> Payr.	
Seichtwasser.	

<i>Morvillia undata</i> Brown	30—100 f. 54—182 m.
<i>Mucronalia xanthias</i> W.	8—20 f. 14—36 m.
<i>Murex</i> die sehr furchtsamen Thiere leben gern in bewegtem Wasser.	
<i>Murex aduncospinosus</i> Reeve	15—25 f. 27—45 m.
<i>Murex brandaris</i> L.	5—15 f. 9—27 m.
<i>Murex (Chicoreus) calcar</i> Kiener	350 f. 639 m.
<i>Murex corallinus</i> Scacchi	4—30 f. 7—54 m.
<i>Murex corrugatus</i> Sow.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Murex cristatus</i> Br.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Murex Edwardsii</i> Payr.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Murex erinaceus</i> Forb.	5—30 f. 9—54 m.
<i>Murex inflatus</i> Lam.	2—8 m.
<i>Murex (Chicoreus) leaenus</i> Dall	44 f. 80 m.
<i>Murex radix</i> auf Schlammhäuten oder zwischen Steinen.	
<i>Murex tetrapterus</i> Br.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Murex trunculus</i> L.	2—20 f. 3—36 m.
<i>Murex villatus</i>	11 f. 20 m.
<i>Murex (Phyllonotus) zelandicus</i> Q. G.	10—600 f. 18—1097 m.

- Myurella pertusa* Bow. 5 f.
9 m.
- Myurella subulata* L.
auf sandigem Schlamm.
- Nacella mytilina* Gm.
sitzt auf *Macrocystis* und dient Kormoranen und Pinguinen zur
Nahrung 2 f.
3 m.
- Nacella pellucida* L. 1—40 f.
1—73 m.
- Narica mauritiae* Ree.
auf grobem Sand.
- Nassa arcularia* L.
bei Ebbe trocken liegend, bohrt *Cerithium* an.
- Nassa (Aciculina) babylonica* W. 375 f.
685 m.
- Nassa corniculum* Olivi
an der Wassergrenze, selbst über der Ebbezone.
- Nassa coronula* Ad. 1—5 f.
1—9 m.
- Nassa (Tritia) ephanilla* W. 700 f.
1280 m.
- Nassa (Niotha) gemmulata* Lam. 28—30 f.
51—54 m.
- Nassa incrassata* Ström. 1—60 f.
1—109 m.
- Nassa luteostoma*
auf Sand, nicht weit von der Fluthgrenze, wo bei Ebbe das
Wasser rinnt.
- Nassa mutabilis* L. 4—10 f.
7—18 m.
- Nassa nodifera*
in Korallensand 6—10 f.
10—18 m.
- Nassa obsoleta* Say. 3 f.
5 m.
- Nassa pauperata* Lam. 2—40 f.
3—73 m.
- Nassa (Alectryon) psila* W. 155 f.
282 m.

- Nassa pygmaea* Lam.
4—100 f.
7—182 m.
- Nassa reticulata* L.
1—20 f.
1—36 m.
- Nassa scissurata* Dall
76—805 f.
138—1472 m.
- Nassa trivittata* Say.
3 f.
5 m.
- Nassa varicosa* Turt.
1 + 27 f.
1 + 49 m.
- Nassaria campyla* W.
410 f.
749 m.
- Nassaria sinensis* Sow.
3—28 f.
5—51 m.
- Nassarina columbellata* Dall
124 f.
225 m.
- Natica*
am häufigsten in wärmeren Meeren, bewegt sich sehr lebhaft,
bohrt andere Konchylien an.
- Natica affinis* Gm.
2—1415 f.
3—2587 m.
- Natica affinis* var. *vittata* Gw. Jeffr.
5—1100 f.
9—2011 m.
- Natica Alderi* Forb.
7—30 f.
12—54 m.
- Natica catena* da Costa
in sandigen Buchten
1—2 f.
1—3 m.
- Natica Chemnitzii*
in der Ebbezone, in weichem Schlamm.
- Natica clausa*
1—430 f.
1—785 m.
- Natica (Lunatia) grönlandica* Bech.
2—1290 f.
3—2358 m.
- Natica islandica* Gm.
5—50 f.
9—91 m.

<i>Natica maroccana</i> Dillw.	687 f. 1256 m.
<i>Natica millepunctata</i> Lam.	2—50 f. 3—91 m.
<i>Natica Montagui</i> Forb.	15—50 f. 27—91 m.
<i>Natica nitida</i> Do.	1—40 f. 1—73 m.
<i>Natica pallida</i> B. S.	2—1290 f. 3—2358 m.
<i>Natica persculpta</i> v. Mart.	120 f. 218 m.
<i>Natica pulchella</i> Risso	20—45 f. 36—82 m.
<i>Natica pusilla</i> G.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Natica sordida</i> Phil.	30—80 f. 54—146 m.
<i>Natica xantha</i> Wat.	150 f. 273 m.
<i>Neobuccinum Eatoni</i> Sm.	3—75 f. 5—137 m.
<i>Neobuccinum vestitum</i> v. Mart.	5—75 f. 9—137 m.
<i>Neptunea antiqua</i> L.	20—50 f. 36—91 m.
<i>Neptunea curta</i>	1—68 f. 1—124 m.
<i>Neptunea decemcostata</i>	1—107 f. 1—194 m.
<i>Neptunea despecta</i> L.	20—658 f. 36—1203 m.
<i>Neptunea (Mohnia) Mohni</i> Friele	601—1333 f. 1098—2437 m.

Neptunella pygmaea

1—430 f.
1—785 m.

Nerita

in Süßwasser und an Küstenfelsen, wo sie der Tropensonne ausgesetzt, nicht zu leiden scheinen.

Nerita debilis Duf.

in der Brandung auf Pflanzen 2—3 m.

Nerita plexa Chem.

auf Felsen der Küste.

Nerita polita L.

auf Küstenfelsen, die nur bei Fluth benetzt werden, herbivor.

Nerita punctata Q. G.

2—10 f.
3—18 m.

Nerita scabricosta

an Felsen der Küste; die Jungen kriechen über die Fluthgrenze hinauf

Nerita tessellata Gm.

390 f.
712 m.

Nerita viridis L.

4—20 f. † 24 f.
7—36 m. † 43 m.

Neritina Guayaquilensis

zwischen Blättern über der Fluthgrenze, an schlammigen Stellen, die vom Süßwasser überspült werden.

Neritina viridis L.

3—120 f.
5—218 m.

Nerita duplicata Stimp.

1—10 f.
1—18 m.

Nubecula terminus Lam.

Seichtwasser.

Obeliscus pulchellus Ad.

6 f.
10 m.

Obeliscus sulcatus Ad.

2—5 f.
3—9 m.

Odostomia acuta Jeffr.

4—120 f.
7—218 m.

Odostomia albella Lov.

im Seichtwasser unter Steinen

10—50 f.
18—91 m.

Odostomia albula Fabr.

10—50 f.
18—91 m.

<i>Odostomia clavula</i> Lov.	6—163 f. 10—297 m.
<i>Odostomia conoidea</i> Brocchi	10—60 f. 18—109 m.
<i>Odostomia culimoides</i> F. H.	1—5 f. 2—9 m.
<i>Odostomia nitens</i> Jeffr.	30—500 f. 54—914 m.
<i>Odostomia (Obeliscus) nitidula</i> Ad.	25—1456 f. 45—2662 m.
<i>Odostomia pallida</i> Mont. auf <i>Pecten maximus</i> und <i>Pecten opercularis</i>	8—20 f. 14—36 m.
<i>Odostomia plicata</i> Mont.	15—70 f. 27—128 m.
<i>Odostomia rissoides</i> Hanley	1—777 f. 1—1420 m.
<i>Odostomia rufa</i> Phil.	5—30 f. 9—54 m.
<i>Odostomia sublustris</i> Friele	350—649 f. 639—1186 m.
<i>Odostomia speciosa</i> Ad.	214 f. 390 m.
<i>Odostomia trifida</i> G.	1—5 f. 1—9 m.
<i>Odostomia unidentata</i> Mont.	10—777 f. 18—1420 m.
<i>Oliva</i> auf sandigem Grunde, in reinem Wasser, sehr beweglich, mit Fleisch leicht zu ködern.	
<i>Oliva (Olivella) fulgida</i> Reeve	7—25 f. 12—45 m.
<i>Oliva textilina</i> Lam.	3—5 m.
<i>Oliva undatella</i> Seichtwasser, auf Sand und Schlamm.	

<i>Oliva (Olivella) vitilia</i> W.	390 f. 712 m.
<i>Olivella bullula</i> Reeve	43—880 f. 78—1609 m.
<i>Olivella florealis</i> Duclos	20 f. 36 m.
<i>Omalaxis supranitida</i> Wood	200 f. 365 m.
<i>Onchidiopsis glacialis</i> Sars	30—40 f. 54—73 m.
<i>Onchidiopsis grönlandica</i> Bergh.	8—15 f. 14—27 m.
<i>Oniscia tuberculosa</i> Seichtwasser, in Felsenritzen.	
<i>Onoba striata</i> Mont.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Oocorys sulcata</i> Fischer	680—2221 f. 1243—4061 m.
<i>Ophiocchilton grandis</i> V.	888—1080 f. 1623—1974 m.
<i>Ovula adriatica</i> Gow.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Ovula cornea</i> Lam.	2 f. 3 m.
<i>Ovula ovum</i> L.	3—4 m.
<i>Ovulum spelta</i> L.	8—60 f. 14—109 m.
<i>Oxynoe olivacea</i> Rafi. an Pflanzen lebend	10—15 f. 18—27 m.
<i>Paludinella minuta</i>	3 f. 5 m.
<i>Paludomus punctata</i> Reeve Süßwasser.	
<i>Parastrophia Challengeri</i>	8 f. 14 m.

Parmophorus

apathische Thiere, die sich unter Steinen verstecken, sehr lichtscheu sind und von Pflanzen und Polypen leben.

Parmophorus corrugatus Reeve

3 m.

Parthenia acicula Phil.

30 † 41 f.

54 † 74 m.

Parthenia eximia Jeffr.

10—40 f.

18—73 m.

Parthenia pallida Phil.

1 † 41 f.

1 † 74 m.

Patella aspera Lam.

1 f.

2 m.

Patella coerulea L.

2 f.

3 m.

Patella fuegensis Reeve

20—60 f.

36—109 m.

Patella Gussonii Costa

12—20 f.

21—36 m.

Patella Kerguelensis Sm.

von Kormoranen und Möven gefressen; ihre Schalen zahlreich am Strande verstreut.

Patella pellucida Forb.

1—12 f.

1—21 m.

Patella rubella Fabr.

3—57 f.

5—104 m.

Patella scutellaris Lam.

Seichtwasser.

Patella vulgata L.

Fluthzone

3 f.

5 m.

Pectinodonta arcuata Dall

226 f.

412 m.

Pedipes angulata

in der Fluthgrenze unter Steinen.

Pellilittorina setosa Sm.

3—60 f.

5—109 m.

Pentadactylus Savignyi Desh.

häufig auf den Korallenriffen.

Peristernia incarnata Desh.

Seichtwasser.

<i>Peristichia toreta</i> Dall	2—22 f. 3—40 m.
<i>Phasianella</i> sehr häufig auf Sandboden in der Bassstrasse. Fliehen das Sonnenlicht, indem sie sich unter Tang verbergen (76 Stück fand man unter einen <i>Fucus</i> busch); sind nie mit Schmarotzern bedeckt, da sie sich immer bewegen. Ihre Mündung ist infolgedessen selten ganz.	
<i>Phasianella pulla</i> L.	1—120 f. 1—218 m.
<i>Phasianella Vicuxii</i> Payr.	5—12 f. 9—21 m.
<i>Philinc aperta</i> L.	1—78 f. 1—142 m.
<i>Philinc lincolata</i>	50 f. 91 m.
<i>Philinc Ossian Sarsi</i> F.	400 f. 731 m.
<i>Philinc quadrata</i> Wood	4—450 f. 7—822 m.
<i>Philinc scabra</i> Müll.	3—542 f. 5—990 m.
<i>Philinc Vaillanti</i> Issel	3—5 f. 5—9 m.
<i>Phorus</i> verkittet allerlei Schalen zu einem Gehäuse.	
<i>Phos bathyketes</i> W.	375 f. 685 m.
<i>Phos roscatus</i> Hinds	5—18 f. 9—32 m.
<i>Phos textus</i> Gmel.	5 f. 9 m.
<i>Photinula quacsita</i> Ad.	17 f. 31 m.
<i>Physa borbonica</i> Ferr. Süßwasser.	
<i>Pileopsis Hungarica</i> L.	10—80 f. 18—146 m.
<i>Pilidium fulvum</i> Müll.	20—80 f. 36—146 m.

Pilidium radiatum Sars

12—57 f.
21—104 m.

Pinna

im Sand der Bucht von Des Chiens Marins so häufig steckend,
dass man ohne Schuhe die Füße verwunden würde.

Pisania maculosa Läm.

Wassergrenze.

Pisania undosa L.

auf Schlamm.

Planaxa sulcata

auf Amboina, doch kann sie leicht nach kälteren Zonen gebracht
werden.

Planaxis planicostata

unter Steinen, Seichtwasser.

Planaxis pyramidalis Gmel.

bei Ebbe über Wasser.

Plaxiphora simplex Carp.

1—150 f.
1—273 m.

Pleurotoma albida Desh.

Seichtwasser.

Pleurotoma aterrima

unter Steinen in der Ebbezone.

Pleurotoma attenuatum Ph.

10—30 f.
18—54 m.

Pleurotoma bicanalifera

10 f.
18 m.

Pleurotoma Coppingeri

17 f.
31 m.

Pleurotoma Cuminghami

2—7 f.
3—12 m.

auf Felsen.

Pleurotoma crispata

70—80 f.
128—146 m.

Pleurotoma discors

auf Korallensand

17 f.
31 m.

Pleurotoma exulans Dall

634 f.
1159 m.

Pleurotoma Jickelii Weink.

5 f.
9 m.

<i>Pleurotoma impressa</i> Beck.	2—60 f. 3—109 m.
<i>Pleurotoma ischna</i> W.	700 f. 1280 m.
<i>Pleurotoma limacina</i> Dull	368—805 f. 672—1472 m.
<i>Pleurotoma lineare</i> Ph.	20—30 f. 36—54 m.
<i>Pleurotoma maravignae</i> Biv.	10—20 f. 18—36 m.
<i>Pleurotoma marmorata</i> L.	6—18 f. 10—32 m.
<i>Pleurotoma modiolus</i> Cristof.	217 f. 396 m.
<i>Pleurotoma nivale</i> Lov.	30—150 f. 54—273 m.
<i>Pleurotoma Philberti</i> Mehd.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Pleurotoma pyramidalis</i> Ström	5—1100 f. 9—2011 m.
<i>Pleurotoma (Surcula) rotundata</i> W.	2050 f. 3748 m.
<i>Pleurotoma rudis</i> unter Steinen.	
<i>Pleurotoma straminea</i> Wats.	105—150 f. 191—273 m.
<i>Pleurotoma striolata</i> Phil.	15—20 f. 27—36 m.
<i>Pleurotoma Studeriana</i> v. Mart.	120 f. 218 m.
<i>Pleurotoma turricula</i> Mont.	2—994 f. 3—1816 m.
<i>Pleurotoma undosa</i> Lam.	3—12 f. 5—21 m.

- Pleurotomaria*
 lebend bei Barbados 128—218 m.
- Pleurotomella argeta* Dall 812 f.
 1484 m.
- Pleurotomella Packardii* V. 60—110 f.
 109—200 m.
- Plicatella polygona* L.
 sandiger Schlamm.
- Pollia d'Orbigny* Payr.
 Seichtwasser.
- Pollia maculosa* Lam.
 Seichtwasser.
- Pollia minima* Phil.
- Polytropa lapillus* L. 60 + 69 f.
 109 + 126 m.
- Potamides palustris* L. Chem.
 an Flussmündungen. 1—10 f.
 1—18 m.
- Propilidium ancyloides* Forb. 10—1450 f.
 18—2651 m.
- Provocator pulcher* Wat. 105—150 f.
 191—273 m.
- Pterocera chiragra* L. Martini
 lebt von verwesenden Leichen
- Pteronotus phaneus* Dall 2 1/2 m.
- Puncticulitis arenatus* Hwass 294—434 f.
 536—793 m.
 Seichtwasser.
- Puncturella agger* W. 390 f.
 712 m.
- Puncturella brychia* W. 1340 f.
 2450 m.
- Puncturella circularis* Dall 880 f.
 1609 m.
- Puncturella noachina* L. 4—1095 f.
 7—2001 m.

Puncturella (*Cranopsis*) *profundi* Jeffr.

390—1750 f.
712—3199 m.

Purpura (*Cronia*) *amygdala* Kiener

2—12 f.
3—21 m.

Purpura carolensis

Seichtwasser, unter Steinen und in Felsenspalten.

Purpura echinata Blainv.

Seichtwasser.

Purpura haematostoma Lam.

Seichtwasser.

Purpura hystrix Lam.

fleischfressend

3 m.

Purpura lapillus L.

an allen felsigen und sandigen Küsten Englands, wo *Macra* und andere Muscheln vorkommen, welche sie anbohren können

1—10 f.
1—18 m.

Purpura striata Martyn

8 f.
14 m.

Purpura textilosa

häufig in dem bewegten Wasser auf Felsen.

Pusionella vulpina B.

6—10 f.
11—18 m.

Pyramidella auriscati Chemn.

in Felspalten und unter Steinen.

Pyramidella gracilis Ad.

12—20 f.
21—36 m.

Pyramidella nitidula Ad.

40—487 f.
73—890 m.

Pyramidella nodicincta Ad.

12 f.
21 m.

Pyrene costulata Cant.

80—400 f.
146—731 m.

Pyrene rosacca Gould

5—300 f.
9—548 m.

Pyrolofusus deformis Reeve

61 f.
111 m.

Pyrula morio L.

7—25 f.
12—45 m.

<i>Pyrula patula</i> auf Schlammhängen.	
<i>Ranella (Argobuccinum) argus</i> Gmel.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Ranella bufonia</i> Gmel. frisst Konchylien	2—3 m.
<i>Ranella caelata</i> in der Ebbezone unter Steinen.	
<i>Ranella laevigata</i> Lam.	20—50 f. 36—91 m.
<i>Ranella lanceolata</i> M.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Ranella rana</i> L.	20—49 f. 36—89 m.
<i>Ranularia tuberosa</i> Lam.	10 f. 18 m.
<i>Rapana bulbosa</i> Solander	18 f. 32 m.
<i>Rapella papyracea</i> Lam. Seichtwasser.	
<i>Raphitoma anceps</i> Eichw.	60—250 f. 109—456 m.
<i>Raphitoma brachystoma</i> Phil.	5—40 f. 9—73 m.
<i>Raphitoma fortis</i> Forb.	70—100 f. 128—182 m.
<i>Raphitoma gracilis</i> Mont.	4—80 f. 7—146 m.
<i>Retusa alba</i> Jac.	10 f. 18 m.
<i>Ricinula concatenata</i> Lam. auf Korallenriffen.	
<i>Ricinula Reeveana</i> unter Steinen, Seichtwasser.	
<i>Ricinula undata</i> Chem.	3—4 m.
<i>Ringicula acuta</i> Ph.	5—10 f. 9—18 m.

<i>Ringicula auriculata</i> Menke	4—60 f. 7—109 m.
<i>Ringicula buccinea</i> Ren.	5—20 f. 9—36 m.
<i>Ringicula doliaris</i> Gould	2—15 f. 3—27 m.
<i>Ringicula nitida</i> V.	60—150 f. 109—273 m.
<i>Ringicula peracuta</i> W.	350—1075 f. 639—1965 m.
<i>Rissoa abyssicola</i> Forb.	40—300 f. 73—548 m.
<i>Rissoa aculeus</i> Seichtwasser.	
<i>Rissoa calathus</i> Forb. H.	5—200 f. 9—365 m.
<i>Rissoa calathiscus</i> Lask.	1—2 f. 1—3 m.
<i>Rissoa (Alvania) cancellata</i> da Costa	1—500 f. 1—914 m.
<i>Rissoa carinata</i>	30 f. 54 m.
<i>Rissoa castanea</i> Möller	15—40 f. 27—73 m.
<i>Rissoa cimex</i> L.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Rissoa cimicoides</i> Forb.	2—640 f. 3—1170 m.
<i>Rissoa cingulata</i> Midd.	2—5 f. 3—9 m.
<i>Rissoa costata</i> Desill.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Rissoa crenulata</i> Mich.	1—50 f. 1—91 m.

<i>Rissoa (Alvania) deliciosa</i> Jeffr.	72—1125 f. 131—2056 m.
<i>Rissoa exarata</i>	60—95 f. 109—173 m.
<i>Rissoa Fischeri</i> Weink.	30—120 f. 54—218 m.
<i>Rissoa fortis</i> Ebbezone unter Steinen.	
<i>Rissoa membranacea</i> Ad.	2—5 f. 3—9 m.
<i>Rissoa parva</i> da Costa häufig an Seegras	1—30 f. 1—54 m.
<i>Rissoa punctura</i> Mont.	1—80 f. 1—146 m.
<i>Rissoa scrobiculata</i> Möll.	20—250 f. 36—456 m.
<i>Rissoa soluta</i> Phil.	8—20 f. 14—36 m.
<i>Rissoa striata</i> Ad. häufig im Seichtwasser an Laminarien und unter Steinen	1—20 f. 1—36 m.
<i>Rissoa (Alvania) trajectus</i> W.	3—28 f. 5—51 m.
<i>Rissoa turgida</i> Jeffr.	40—300 f. 73—548 m.
<i>Rissoa ventricosa</i> Desm.	10—80 f. 18—146 m.
<i>Rissoa Verrilli</i> Friele	649 f. 1186 m.
<i>Rissoa zelandica</i> Mont.	† 15—30 f. 27—54 m.
<i>Rissoina cincta</i> Ang.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Rissoina scalariformis</i> W.	40 f. 73 m.

<i>Rissostomia octona</i> L.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Rotella lineolata</i> im Mittelmeer und im Indic.	
<i>Sabatia bathymophila</i> Dall	554—880 f. 1012—1609 m.
<i>Scala clathrus</i> L.	3—4 f. 5—7 m.
<i>Scala denticulata</i> Sow.	60 f. 109 m.
<i>Scala pompholyx</i> Dall	812 f. 1484 m.
<i>Scalaria acus</i> W.	390—1000 f. 712—1828 m.
<i>Scalaria clathrus</i> L.	5—40 f. 9—73 m.
<i>Scalaria communis</i> Lam. ist in Gibraltar grösser als in England	1—30 f. 2—54 m.
<i>Scalaria crenata</i> L. Seichtwasser.	
<i>Scalaria gröenlandica</i> Pery. (Chem.)	1—160 f. 1—291 m.
<i>Scalaria (Cirsotrema) hellenica</i> Forb.	7—1260 f. 12—2303 m.
<i>Scalaria Jukcsiana</i> Forbes	2—10 f. 3—18 m.
<i>Scalaria (Acirsa) subdecussata</i> Cant.	20—75 f. 36—137 m.
<i>Scalaria symphylla</i> v. Mart.	120 f. 218 m.
<i>Scalaria Trevelyana</i> Leach	50—60 f. 91—109 m.
<i>Scalaria Turtonae</i> Turt. ist grösser in England als im Mittelmeer, lebt auf Korallen.	
<i>Scalaria varicosa</i> Wood	80—100 f. 146—182 m.
<i>Scalaria vittata</i> Jeffr.	1254 f. 2292 m.

<i>Scalenostoma carinatum</i> Desh. im Sand.	
<i>Scaliola arenosa</i> Ad.	3—155 f. 5—282 m.
<i>Scaphander gibbulus</i> Jeffr.	8—10 f. 14—18 m.
<i>Scaphander interruptus</i> Dall	812—1050 f. 1484—1919 m.
<i>Scaphander librarius</i> Lov.	50—1536 f. 91—2808 m.
<i>Scaphander lignarius</i> L.	1—50 f. 1—91 m.
<i>Scaphander punctostriatus</i> Migh.	1—1450 f. 1—2651 m.
<i>Scaphella magellanica</i> Sow.	10—80 f. 18—146 m.
<i>Schismope carinata</i> W.	6—155 f. 10—282 m.
<i>Schizochiton incisus</i> Sow. Seichtwasser.	
<i>Scissurella costata</i> d'O.	1—11 f. 1—20 m.
<i>Scissurella crispata</i> Flem.	7—1095 f. 12—2001 m.
<i>Scissurella plicata</i> Phil.	1 † 150 f. 1 † 273 m.
<i>Scutellina fulva</i> Müll.	10—150 f. 18—273 m.
<i>Senectus Chemnitzianus</i> Reeve Seichtwasser.	
<i>Septaria</i> Süßwasser.	
<i>Separatista Chemnitzii</i> Ad.	18 f. 32 m.
<i>Sequenzia formosa</i> Jeffr.	325—2033 f. 593—3717 m.

Seguenzia monocingulata Seg.

390—1075 f.
712—1965 m.

Sigaretus haliotideus L.

Seichtwasser.

Sigaretus planus Phil.

5 f.
9 m.

Sigaretus tonganus Q.

sehr apathisch und lichtscheu, in seichten Wassertümpeln.

Siliquaria anguina L.

1—122 f.
1—222 m.

Simpulium chlorostomum Lam.

frisst Mollusken, lebt auf Felsen

3 m.

Sipho (Neptunaca) islandica Chemn.

50—658 f.
91—1203 m.

Sipho latericicus Möll.

20—30 f.
36—54 m.

Sipho pygmaeus Gould

5 f.
9 m.

Sipho Sarsi Jeffer.

70—80 f.
128—146 m.

Siphodentalium affine Sars

35—1450 f.
64—2651 m.

Siphodentalium vitreum Sars

20—1750 f.
36—3199 m.

Siphonodentalium pusillum Wat.

1125 f.
2056 m.

Siphonodentalium quinquangulare F.

25—725 f.
45—1325 m.

Siphonodentalium tetraschistum Wat.

25 f.
45 m.

Siphonaria algesirae Q. G.

Wassergrenze.

Siphonaria costata

bei Ebbe an exponirten Felsen.

Siphonaria diemensis

lebt an Vandiemensland auf Felsen angeheftet wie *Patella*, die sie dort vertritt.

Siphonaria Kurrachensis Rve.

in der Schorre.

<i>Siphonaria redimiculum</i> Reeve über der Fluthlinie.	
<i>Siphonentalis tetragona</i> Brocchi	40—650 f. 73—1188 m.
<i>Skenca planorbis</i> Fabr. nahe der Küste, an Seepflanzen und unter Steinen	1—10 f. 1—18 m.
<i>Skenca subcanaliculata</i> Sm.	1—7 f. 1—12 m.
<i>Smaragdia</i> (<i>Vitta</i>) <i>Feuilloti</i> Aud.	1—25 f. 1—45 m.
<i>Smaragdinella Algirac</i> Hanley	5—6 f. 9—10 m.
<i>Smaragdinella viridis</i> Rang auf Felsen über dem Meeresspiegel	
<i>Solariella actinophora</i> Dall	687—1019 f. 1256—1862 m.
<i>Solariella laevis</i> Friele	300—350 f. 548—639 m.
<i>Solarium bisulcatum</i> d'O.	59 f. 107 m.
<i>Solarium carocollatum</i> Lam.	40—600 f. 73—1097 m.
<i>Solarium perspectivum</i> L. auf Korallenriffen	10—20 f. 18—36 m.
<i>Solarium stramineum</i> Gmel.	8—40 f. 14—73 m.
<i>Solenella gigantea</i> Sm.	7—10 f. 12—18 m.
<i>Solidula strigosa</i> Gould	6 f. 10 m.
<i>Spirotropis carinata</i> Phil.	60—300 f. 109—548 m.
<i>Spirotropis Studeriana</i> v. Mart.	15—100 f. 27—182 m.

<i>Stilbe acuta</i> Jeffr.	1622 f. 2966 m.
<i>Stomatella (Gena) caliginosa</i> Ad.	390 f. 712 m.
<i>Stomatella imbricata</i> Lam.	2—10 f. 3—18 m.
<i>Stomatia duplicata</i> Sow.	8—10 f. 14—18 m.
<i>Strebloceras subannulatum</i> de Folin	40 f. 73 m.
<i>Strombus</i> springt mit Hilfe seines Fusses, kann tagelang ausser Wasser leben.	
<i>Strombus elegans</i> Sow.	3—10 f. 5—18 m.
<i>Strombus galca</i> auf Korallenriffen.	
<i>Strombus gibberulus</i> L. Martini auf sandigem Schlamm, von Aas lebend	1—2 m.
<i>Strombus gracilior</i>	6—10 f. 10—18 m.
<i>Strombus lentiginosus</i> L. Martini	3 m.
<i>Strombus (Canarium) muricatus</i> Martini	3—12 f. 5—21 m.
<i>Strombus pugilis</i> L.	350—400 f. 639—731 m.
<i>Struthiolaria mirabilis</i> Sm.	3—120 f. 5—218 m.
<i>Stylifer Turtoni</i> Brod.	18—20 f. 32—36 m.
<i>Stylina</i> sp.	50 f. 91 m.
<i>Stylipher brychius</i> W.	2650 f. 4845 m.

<i>Stylipher crotaphis</i> W.	38 f. 69 m.
<i>Syrnola cinctella</i> Ad.	6 f. 10 m.
<i>Syrnola gracillima</i> Ad.	68 f. 124 m.
<i>Taranis Mörchii</i> Malm.	30—650 f. 54—1188 m.
<i>Tectarius millegranus</i> Ph. in der Schorre.	
<i>Tectura adunca</i> Jeffr.	100—562 f. 182—1027 m.
<i>Tectura fulva</i> Müll. auf Steinen und toten Schalen	20—30 f. 36—54 m.
<i>Tectura rubella</i> Fabr.	5—40 f. 9—73 m.
<i>Tectura virginea</i> Müll.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Tectura testudinalis</i> Müll. an Felsen und Steinen häufig	1—8 f. 1—14 m.
<i>Tectus dentatus</i> Forsk. Seichtwasser.	
<i>Terebellum subulatum</i> Lam.	12 f. 21 m.
<i>Terebra (Acus) benthalis</i> Dall	496 f. 906 m.
<i>Terebra conspersa</i> Hinds.	8—12 f. 14—21 m.
<i>Terebra elata</i> auf grobem Sand	15 f. 27 m.
<i>Terebra larvacformis</i>	6—15 f. 10—27 m.
<i>Terebra maculata</i> Chem. fleischfressend, lebt auf weissem Sandgrund auf Mauritius, 15—20 cm tief eingegraben	2—4 m.

<i>Terebra (Myurella) mamillata</i> W.	100—115 f. 182—209 m.
<i>Teredo norvegica</i> Spengl. an den Küsten Englands häufig	1—10 f. 1—18 m.
<i>Textilia pyramidalis</i> Lam. Seichtwasser.	
<i>Tharsis romettensis</i> Seg.	108—1093 f. 196—1998 m.
<i>Thesbia nana</i> Lov.	40—100 f. 73—182 m.
<i>Thesbia translucida</i> Wat.	28—150 f. 51—273 m.
<i>Torellia vestita</i> Jeffr.	1—994 f. 1—1816 m.
<i>Tornatella fasciata</i> Lam.	80 f. 146 m.
<i>Tornatella nitidula</i> Lam. herbivor	2—3 m.
<i>Tornatella pusilla</i> Forb.	1 † 100 f. 1 † 182 m.
<i>Tornatella solidula</i> L. auf Steinen.	
<i>Trachysma delicatum</i> Phil.	200—1000 f. 365—1828 m.
<i>Trichotropis borealis</i> B. S.	2—530 f. 3—968 m.
<i>Triforis aspera</i> Jeffr.	125—731 f. 227—1336 m.
<i>Triforis bigemma</i> W.	390—640 f. 712—1170 m.
<i>Triphoris inconspicuus</i> in der Ebbezone unter Steinen.	
<i>Triphoris ornata</i> Desh.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Triforis perversa</i> L.	1—500 f. 1—914 m.

Triforis pulchella Ad.

20 f.
36 m.

Tritia trivittata

1—40 f.
1—73 m.

Triton Chemnitzii

6 f.
10 m.

Triton (Simpulum) costatus B.

2—10 f.
3—18 m.

Triton nodosum

wird in Malaga grösser als in Vigo, ist an den Azoren am kleinsten.

Triton (Simpulum) philomelae W.

100—150 f.
182—273 m.

Triton pilearis Lam.

Seichtwasser.

Triton tuberosus Lam.

20—40 f.
36—73 m.

Triton variegatum Lam.

7 f. + 30 f.
12 m. + 54 m.

Tritonium corrugatum Lam.

8—100 f.
14—182 m.

Tritonium nodiferum Lam.

4—100 f.
7—182 m.

Tritonium variegatum Lam.

auf Korallenriffen.

Trivia europaea Mont.

5—50 f.
9—91 m.

Trochus atratus Gm.

3—18 f.
5—32 m.

Trochus cinerarius

wird von Norwegen ab nach Süden zu kleiner.

Trochus cinereus Couth.

7—173 f.
12—315 m.

Trochus (Margarita) brychius W.

1260 f.
2303 m.

Trochus exasperatus Pern.

1—450 f.
1—822 m.

<i>Trochus expansus</i> Sow.	3—5 f. 5—9 m.
<i>Trochus fanulum</i> Gm.	10—30 f. 18—54 m.
<i>Trochus fragarioides</i> Lam.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Trochus granulatus</i> B.	4—50 f. 7—91 m.
<i>Trochus grönlandicus</i> Chem.	1—150 f. 1—273 m.
<i>Trochus helacinus</i> Fabr. an Steinen und Seepflanzen	1—3 f. 1—5 m.
<i>Trochus Leanus</i> auf Korallenriffen unter Steinen.	
<i>Trochus magus</i> L.	4—20 f. 7—36 m.
<i>Trochus millegranus</i> Phil. auf festem Grunde, junge Thiere in geringerer Tiefe als ältere	5—110 f. 9—200 m.
<i>Trochus montacuti</i> Gray	1—15 f. 1—27 m.
<i>Trochus niloticus</i> L.	12 f. 21 m.
<i>Trochus occidentalis</i> Migh.	30—200 f. 54—365 m.
<i>Trochus olivaceus</i> Brown	10—400 f. 18—731 m.
<i>Trochus Ottoi</i> Ph.	214—970 f. 390—1773 m.
<i>Trochus pallidus</i> Forb. Seichtwasser.	
<i>Trochus planus</i> in der Bassstrasse auf Felsen zu kleinen Gruppen vereinigt.	
<i>Trochus pyramis</i> Born herbivor, auf pflanzenbewachsenen Felsen und Schlamm	2—3 m.

<i>Trochus striatus</i> Forb.	1—15 f. 1—27 m.
<i>Trochus suturalis</i> Phil.	174—1025 f. 317—1873 m.
<i>Trochus tumidus</i> Mont.	2—100 f. 3—182 m.
<i>Trochus turbinatus</i> Born. an der Wassergrenze.	
<i>Trochus umbilicalis</i> B. S.	15—20 f. 27—36 m.
<i>Trochus zizyphinus</i> L.	1—450 f. 1—822 m.
<i>Trophon albolabratum</i> Sm. über der Ebbezone.	
<i>Trophon Barvicensis</i> Johnst.	15—160 f. 27—291 m.
<i>Trophon carduelis</i> W.	410 f. 749 m.
<i>Trophon clathratum</i> L.	5—580 f. 9—1060 m.
<i>Trophon craticulatus</i> Fabr.	38—50 f. 69—91 m.
<i>Trophon declinans</i> Wat.	150 f. 273 m.
<i>Trophon geversianus</i> Pallas	12—75 f. 21—137 m.
<i>Trophon multilamellosus</i> Ph.	200—277 f. 365—505 m.
<i>Trophon truncatus</i> Str.	2—530 f. 3—968 m.
<i>Troschelia Berniciensis</i> King	80—341 f. 146—622 m.
<i>Truncatella Bairdiana</i> unter Steinen in der Fluthzone.	
<i>Truncatella Guerini</i> Villa Strand und Brackwasser.	

Truncatella truncatula Drap.

1—2 f.
1—3 m.

Turbo imperialis
mit Kalk und Algenkrusten bedeckt.
Turbo petholatus L.

20 f.
36 m.

Turbo rugosus L.

1—80 f.
1—146 m.

Turbo saxosus
in der Ebbezone an Felsen.
Turbo transcenna W.

565 f.
1032 m.

Turbinella ccrata
unter Steinen und in Spalten der Ebbezone.
Turbinella cornigera Lam.

1—3 m.

Turbonilla elegantissima Mont.

5—40 f.
9—73 m.

Turbonilla interrupta Ad.

1—15 f.
1—27 m.

Turbonilla rufa Phil.

1—60 f.
1—109 m.

Turricula Bairdii Dall

414 f.
756 m.

Turris grandis Gray

5 f.
9 m.

Turris violaceus Mc. And.

10—20 f.
18—36 m.

Turritella Banksii

1—10 f.
1—18 m.

Turritella cingulifera Sow.

3—28 f.
5—51 m.

Turritella communis Risso

4—100 f.
7—182 m.

Turritella crosa Couth.

5—106 f.
9—192 m.

<i>Turritella exoleta</i> L.	350 f. 639 m.
<i>Turritella Hookeri</i> Reeve	60 f. 109 m.
<i>Turritella lactea</i>	30—40 f. 54—73 m.
<i>Turritella quadricarinata</i> Bro.	20—45 f. 36—82 m.
<i>Turritella suturalis</i> Forbes	1 f. † 25 f. 1 m. † 45 m.
<i>Turritella terebra</i> L.	3—100 f. 5—182 m.
<i>Turritella torulosa</i> Kiener	12—20 f.
<i>Turritella triplicata</i> Broc.	10—69 f. † 95 f. 18—126 m. † 173 m.
<i>Turritella unguina</i> L.	3—422 f. 5—771 m.
<i>Turritellopsis acicula</i> Stimp.	5—10 f. 9—18 m.
<i>Typhis philippensis</i> W.	33 f. 60 m.
<i>Typhlomangelia fluctuosa</i> Wat.	75 f. 137 m.
<i>Typhlomangelia nivalis</i> Lov.	40—300 f. 73—548 m.
<i>Urosalpinx cinerea</i>	1—10 f. 1—18 m.
<i>Utriculus domitus</i> Dall	687 f. 1256 m.
<i>Utriculus leucus</i> W.	1000 f. 1828 m.
<i>Utriculus mamillatus</i> Phil.	1—75 f. 1—137 m.

<i>Utriculus pertenuis</i> Migh.	25—30 f. 45—54 m.
<i>Utriculus substriatus</i> Jeffr.	1750 f. 3199 m.
<i>Utriculus umbilicatus</i> Mont.	10—300 f. 18—548 m.
<i>Utriculopsis vitrea</i> Sars	50—500 f. 91—914 m.
<i>Vasum cornigerum</i> L. auf Korallenriffen.	
<i>Velutella cryptospira</i> Midd.	30—50 f. 54—91 m.
<i>Velutella flexilis</i> Mont.	8—200 f. 14—365 m.
<i>Velutina haliotoidea</i>	33 f. 60 m.
<i>Velutina laevigata</i> Penn.	1—530 f. 1—968 m.
<i>Velutina lanigera</i> Möll.	30—40 f. 54—73 m.
<i>Velutina plicatilis</i> Müll.	12—25 f. 21—45 m.
<i>Velutina Schneidcri</i> Friele	20 f. 36 m.
<i>Velutina zonata</i>	1—150 f. 1—273 m.
<i>Vermetus</i> von Jugend an fixirt. Die mit Operkulum versehene Arten können sich nicht bewegen.	
<i>Vermetus arenarius</i> L.	8—40 f. 14—73 m.
<i>Vermetus corneus</i> Forb.	25—45 f. 45—82 m.
<i>Vermetus gigas</i> B.	1—10 f. 1—18 m.
<i>Vermetus glomeratus</i> , der spirale Anfangstheil der Schale ist festgewachsen.	

<i>Vertagus fasciatus</i> Brug.	6 f. 10 m.
<i>Vitrinella exigua</i> Seichtwasser, auf Sand.	
<i>Vitularia crenifera</i> Montr.	16—25 f. 29—45 m.
<i>Voluta</i> langsame, furchtsame Thiere, welche auf Sandgrund leben und lange ausser Wasser sein können.	
<i>Voluta (Volutilithes) abyssicola</i> Ad.	98—150 f. 179—273 m.
<i>Voluta (Vespertilio) sophia</i> Gray	3—30 f. 5—54 m.
<i>Voluta (Scaphella) undulata</i> Lam.	38 f. 69 m.
<i>Volutilithes Philippiana</i> Dall	677 f. 1237 m.
<i>Volutomitra fragillima</i> W.	28 f. 51 m.
<i>Volumitra grönlandica</i> Beck	80—100 f. 146—182 m.
<i>Volutopsis norvegicus</i> Chem.	50—223 f. 91—407 m.
<i>Volvula acuminata</i> Brug.	20—60 f. 36—109 m.
<i>Watsonia elegans</i> de Folin	8 f. 14 m.
<i>Xenophora caribea</i> Petit	350 f. 639 m.
<i>Xenophora cerca</i> Reeve mit Foraminiferen und Pteropoden beklebt	1006 m.
<i>Xenophora corrugata</i> Reeve	7—25 f. 12—45 m.
<i>Xenophora crispa</i> König	47—486 f. 85—888 m.

Xenophora digitata v. M.150 f.
274 m.*Xenophora solaroides* Reeve12 f.
21 m.*Xylophaga dorsalis* Turt.5—10 f.
9—18 m.*Zeidora naufraga* W.390 f.
712 m.

Pteropoden.

Durch ihre Organisation und Lebensweise unterscheiden sich die Pteropoden von den übrigen Schnecken. Das Vorderende des meist kleinen Körpers besitzt 2 grosse flügelartige Flossen, durch deren Ruderbewegungen die Thiere im Wasser schweben, der Mund ist meist mit kräftigen Kiefern ausgestattet, welche die räuberische Lebensweise unterstützen. Alle Pteropoden sind Zwitter.

Die Eier¹⁾ der Pteropoden sind leicht zu erhalten. Es genügt, im Frühjahr die Thiere in grösseren Gefässen zu halten, um am folgenden Tag schon Eierketten zu finden, die sich wunderbar entwickeln. Die Pteropoden sind hermaphroditische Thiere, und die meisten legen ihre Eier zu einer bestimmten Stunde des Nachmittags oder des Abends. So legt z. B. *Carolinia tridentata* ihre Eier bei Sonnenuntergang. Solche Eiketten sind 1—5 cm lang und enthalten 250—1250 Eier. *Cleodora* legt gegen 3 oder 4 Uhr Nachmittags ihre Eier. *Creseis aciculata* ist manchmal ungemein selten, dann wieder überaus häufig. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Eier kann durch erhöhte Temperatur künstlich gesteigert werden, so dass sich dieselben in wenigen Tagen statt in mehreren Wochen vollzieht. Infusorien fressen die Eier an.

Eine grosse Anzahl²⁾ dieser pelagischen Mollusken, besonders die Bewohner tropischer Gewässer, scheiden kalkige Schalen ab, während in den kalten Meeren, mit Ausnahme zweier kleiner *Limacina*-arten, nur nackte Formen leben. Die Schalen tropischer Arten theiligen sich stark an der Bildung gewisser tropischer und subtropischer Absätze in mässigen Tiefen, denen nur eine kleine Menge festländischen Materials beigemischt ist. Gleich den pelagischen Foraminiferen erreichen diese pelagischen Mollusken ihre reichste Ent-

1) Fol., Arch. Zool. Exp. IV, 1.

2) MURRAY & RENARD, Challenger, Deep Sea Deposits, S. 224.

wicklung in warmen ozeanischen Strömungen, und verlieren an Grösse und Häufigkeit in dem Maasse, als sich diese Strömungen den kälteren Meeren nähern. Auch die Vertheilung der todten Schalen am Meeresgrund entspricht der Verbreitung der lebenden Thiere an der Meeresoberfläche mit gewissen bathymetrischen Ausnahmen.

Die todten Schalen sind nicht universell über den Meeresboden ausgestreut, denn sie fehlen in den grösseren Tiefen, und im allgemeinen verschwinden sie mit zunehmender Tiefe, ebenso wie die zarteren Gehäuse pelagischer Foraminiferen. Eine weitere Verbreitung im Pteropodenschlick haben folgende Arten:

<i>Limacina inflata</i> d'O.	<i>Clio Andreae</i> Boas
— <i>triacantha</i> Fischer	— <i>polita</i> Craven
— <i>helicina</i> Phipps	— <i>balantium</i> Rang
— <i>antarctica</i> Woodw.	— <i>Chaptali</i> Soul.
— <i>helicoides</i> Jeffr.	— <i>australis</i> d'O.
— <i>Lesucuri</i> d'O.	— <i>vulgata</i> Pfeffer
— <i>australis</i> Eyd.	— <i>pyramidata</i> L.
— <i>retroversa</i> Flem.	— <i>cuspidata</i> Bosc.
— <i>trochiformis</i> d'O.	<i>Cuvierina columella</i> Rang
— <i>bulimoides</i> d'O.	<i>Cavolinia trispinosa</i> Les.
<i>Peraclis reticulata</i> d'O.	— <i>quadridentata</i> Les.
— <i>bispinosa</i> Pels.	— <i>longirostris</i> Les.
<i>Clio (Crescis) virgula</i> Rang	— <i>globulosa</i> Rang
— — <i>conica</i> Csch.	— <i>gibbosa</i> Rang
— — <i>acicula</i> Rang	— <i>tridentata</i> Forskal
— — <i>Chierchia</i> Boas	— <i>uncinata</i>
— <i>Hyalocylix striata</i> Rang	— <i>inflexa</i> Les.
— <i>Styliola subula</i> Q. & G.	

Unterhalb 4200 m hat man niemals Pteropodenschalen beobachtet.

Die beschalteten Pteropoden¹⁾ oder Thekosomen haben neben dem Munde ein paar kräftige Lippen. Ein durch Wimperhaare hervorgerufener Wasserstrom führt alle erfassten Planktonwesen in die Mundöffnung. Ihre Nahrung besteht besonders aus Algen und Protozoen, dann kleinen *Limacina*. Der Mageninhalt solcher Thekosomen, welche aus den tropischen Meeren stammen, enthält *Globigerina*, *Pulvinulina*, *Hasligerina*, *Dictyocha*, *Acanthometra*, *Amphilonche* u. s. w. Im Magen von arktischen Formen finden sich *Limacina helicina*, *L. balea*, *Cleodora pyramidata*, *Peridinium* und *Dinophysis*. Diatomeen finden sich überall, aber selten; auch Coccosphären und Tintinnoiden spielen eine grosse Rolle in der Ernährung der beschalteten Pteropoden.

Die unbeschalteten Gymnosomen scheinen eine sehr intensive Verdauungskraft zu haben, denn der Mageninhalt ist meist zersetzt. Bisweilen aber findet man *Pneumodermon* oder *Clio* darin. *Clio* lebt von *Limacina helicina*, *Pneumodermon* frisst *Hyalaea tridentata*.

Die Pteropoden leben als pelagisches und zonarisches Plankton. Man²⁾ findet sie in grossen Schaaeren beisammen, lebhaft und wirr durcheinander schwimmend. Naht der Abend, so kommen sie, wie d'ORBIGNY beobachtete, aus der dunklen Meerestiefe zur Oberfläche

1) BOAS, Zoolog. Jahrbücher I, 1886, S. 333 f.

2) JOHNSTON, Conchyliologie, S. 113.



herauf. Gegen 5 Uhr kommen mehrere Arten von *Hyalaea*, später *Cleodora* mit *Atlanta*. Grössere Arten wie *Hyalaea balantium* kommen erst in tiefer Nacht herauf. Die kleineren Arten steigen auch zuerst wieder hinab, und um Mitternacht kann man nur noch vereinzelte Nachzügler fangen. Nach AGASSIZ¹⁾ sinken die Gymnosomen bis 180 m tief. CHUN²⁾ und PELSENER³⁾ beobachteten

<i>Cleodora subulata</i>	600 m tief
<i>Creseis acicula</i>	100—200 m „
seltener	1300 m „
<i>Creseis conica</i>	0—1300 m „
<i>Hyalocytilis striata</i>	0—1300 m „
im September, häufig	800 m „
<i>Hyalaea tridentata</i>	60 m „
<i>Peracelis reticulata</i>	100 m „

1) PELSENER, Chall. Rep. Zool. XIX, IV.

2) CHUN, Die pelagische Thierwelt, 1888.

3) PELSENER, Chall. Rep. Zool. XXIII, I.

15. Die Ammoniten als Leitfossilien.

Von allen geologischen Thatsachen ist keine zweite so geeignet, uns zum Nachdenken anzuregen, als die eigenthümliche Vertheilung der gekammerten Cephalopodenschalen in den Schichten der Erde.

Wenn wir unter einem Leitfossil die Reste eines solchen Thieres verstehen, welches bei geringer vertikaler Verbreitung eine bedeutende horizontale Verbreitung besitzt, welches in einer relativ dünnen Schicht über die ganze Erde hinweg verfolgt werden kann, so müssen wir die Ammoniten als Leitfossilien par excellence bezeichnen. Von *Clymenia* bis zu *Scaphites* finden wir die zahlreichen Ammonitengeschlechter als charakteristische Leitfossilien in allen Horizonten und können selbst untergeordnete Etagen auf Grund der Ammoniten leicht überall wiedererkennen.

Die Lehre von den geologischen Zonen wurde durch QUENSTEDT und OPPEL geradezu auf Grund der Ammonitenfauna aufgestellt; und wenn es gelingt, die Etagen des schwäbischen Jura in Südindien wiederzufinden, so fassen diese Untersuchungen wesentlich auf der Vertheilung gekammerter Cephalopodenschalen.

Was die Ammoniten zu so ausgezeichneten Leitfossilien macht, ist vornehmlich die Thatsache, dass wir dieselbe Art in Ablagerungen der verschiedensten Typen wiedersehen, dass Faciesunterschiede für die Mehrzahl der Ammoniten nicht zu bestehen scheinen.

Diesen zweifellosen Thatsachen gegenüber ist die faunistisch-biologische Auffassung der Ammonitenentwicklung, eine überaus schwierige Aufgabe. Ich stehe nicht an zu behaupten, dass die geologische Verbreitung der Ammoniten das räthselhafteste Problem der Erdgeschichte ist. Paläozoische oder tertiäre Horizonte werden durch eine leitende Fauna charakterisirt; Trias, Jura und Kreidezonen werden meist durch eine einzige Ammonitenart bestimmt und auf der ganzen Erde leicht wiedererkannt.

Wenn wir uns diese paläontologische Thatsache in der üblichen Weise biologisch umschreiben, so bedeutet sie Folgendes: Die Ammonitenspezies war gleichzeitig über die ganzen Meeresgründe eines geologischen Zeitabschnittes verbreitet, starb nach kurzer blühender Lebensdauer gleichzeitig überall aus, und wurde überall gleichzeitig durch eine andere Spezies ersetzt.

Ich weiss, dass es den scharfsinnigen Untersuchungen NEUMEYR's gelungen ist, für manche „unvermittelt“ auftretende Cephalopoden einen Einwanderungsweg in das betreffende Meer nachzuweisen, allein diese Erklärung hat in vielen Fällen ihren Dienst versagt, und das Auftreten der *Clymenia* im Oberdevon, des *Arcestes* in der Trias, oder anderer Gattungen bleibt nach wie vor ein dunkles Problem. Wenn eine geologische Thatsache den Anhänger der Entwicklungslehre in Verlegenheit, den Lernenden in Zweifel versetzen kann, und allen natürlichen Erklärungsversuchen Trotz bietet, so ist es die Ammonitenfrage.

Aber auch von einem andern Gesichtspunkte erscheint das angeregte Problem von einer hervorragenden Tragweite. Gerade die weite Verbreitung leitender Ammoniten war die Veranlassung, dass man sich die Frage vorlegte, ob die geologischen Horizonte eine absolute oder eine relative Gleichalterigkeit beweisen können. Das letzte und höchste Problem der Erdgeschichte knüpft sich also an die Ammonitenfrage an, und die Schwierigkeiten für eine natürliche Erklärung dieses Problems sind es gewesen, welche der Ansicht, dass die geologischen Zeitabschnitte nur relativ gleichalterig, *homotax*, nicht aber absolut gleichalterig, *homochron* seien, Vorschub leisteten.

Ich möchte es nun geradezu als einen Prüfstein der ontologischen Methode bezeichnen, wenn es ihr gelingt, das Ammonitenproblem so zu lösen, dass die Lösung ebensosehr den geologischen Thatsachen gerecht wird, als sie den Anforderungen der Entwicklungslehre und der Biologie Rechnung trägt.

Bekanntlich ist das Ammoniten Thier fossil noch niemals gefunden worden. Die noch immer räthselhaften Aptychen¹⁾ geben uns keinen Fingerzeig über die Morphologie des Weichkörpers, und der Mundsaum der Ammoniten ist so selten erhalten, die Schalenverzierungen oft so korrodirt, dass wir in den Ammonitenfunden nicht einen Beweis für die lokale Verbreitung des lebenden Thieres, sondern nur einer „Schale“ erblicken dürfen.

Die geologische Thatsache muss daher in folgender Weise näher festgestellt werden: Die Ammoniten sind die Schalen eines uns noch unbekannten, den Cephalopoden zugehörigen Weichthieres. Diese Schalen sind meist, unbekümmert um den Wechsel der Sedimente (Facies), ungeheuer weit horizontal verbreitet, und übereinanderliegende Schichten enthalten spezifisch verschiedene Ammonitenschalen.

Sehen wir uns in der gegenwärtigen Thierwelt nach Wesen um, welche sich von jenen Gesichtspunkten aus mit den Ammoniten vergleichen lassen, so fällt unser Blick auf *Nautilus* und *Spirula*. Beide Gattungen, deren anatomische Organisation ihnen verschiedene Stellen im System der Cephalopoden anweist, sind gemeinsam durch den Besitz einer gekammerten, luftgefüllten Schale ausgezeichnet. Und so sehr ich den Thatsachen der Anfangskammer und des Prosipho Rechnung zu tragen geneigt bin, so nehme ich doch das Recht in Anspruch, diese beiden Schalen, trotz der Verschiedenheit des Weichthieres mit den

1) Bei einer früheren Gelegenheit habe ich die Meinung ausgesprochen, dass die Aptychen Eideckel gewesen seien. Bei längerer Beschäftigung mit dieser Frage ist mir aber aufgefallen, dass dieselbe Aptychenart in kleinen und grossen Dimensionen gefunden wird. Diese Thatsache widerspricht der dort begründeten Ansicht. Vergl. Zeitschr. d. d. geol. Ges. XXXVIII, 1.

Ammoniten zu vergleichen, deren Weichtheile vollkommen unbekannt sind und demgemäss auch sehr verschiedenartig gebildet gewesen sein können. *Nautilus* und *Spirula* besitzen eine Kalkschale, welche durch ihre Kammerung, durch ihren Siphon, eine direkte Vergleichung mit der Ammonitenschale gestattet. Diesem gemeinsamen Charakter beider Gattungen steht die verschiedene Organisation beider Weichthiere, und die verschiedene Lage der Schale im Thierkörper schroff gegenüber. *Nautilus* besitzt eine äussere Schale, welche das ganze Thier schützt und umschliesst, die Schale von *Spirula* liegt verborgen in einer Tasche des Weichkörpers und ist an dem lebenden Thier äusserlich nicht zu erkennen.

Es mag gewagt erscheinen, trotz dieser trennenden systematischen Unterschiede das Gemeinsame beider Gattungen in der gekammerten Schale zu erblicken, aber welcher Paläontologe wird es wagen, zu behaupten, dass die Schalen von *Arcestes*, *Trochoceras*, *Hamites* und *Cochloceras* die gleiche Beziehung zu dem Weichkörper ihres Bewohners gehabt haben? Man kann vermuthen, dass *Pinacoceras* und *Harporoceras*, deren Schale viele Uebereinstimmung in ihrem Gefüge erkennen lassen, auch eine ähnliche Lage zu ihrem Wohnthier einnahmen, aber *Scaphites* und *Baculites* dürften doch für jeden Unbefangenen in zwei verschiedene Bautypen gehören. Wir wiederholen: trotz aller anatomischer Unterschiede sind *Nautilus* und *Spirula* so nahe verwandt, dass der gemeinsame Besitz einer gekammerten Schale uns ein Recht giebt, beide gemeinsam zu benutzen für die Erklärung eines Problems, das sich an ähnliche gekammerte Schalen ohne Weichkörper und mit häufigen Spuren des Transportes anknüpft.

Man pflegt gewöhnlich die Lebensweise der ausgestorbenen Cephalopoden nach der Biologie von *Argonauta* zu beurtheilen, und das Bild eines mit seinen Mundlappen an der Oberfläche des Meeres segelnden, oder rasch schwimmenden Ammoniten kehrt in sogenannten „idealen“ Bildern geologischer Landschaften, und in den Abhandlungen über die Lebensverhältnisse der Ammoniten immer wieder.

Die Angabe¹⁾, dass *Argonauta argo* mit Hilfe ihrer Mantellappen segeln könne, beruht auf einem Irrthum. Oft krabbelt sie am Meeresboden über Kies und Schlamm, oder erklettert Korallenstöcke, zuweilen ankert sie sich auch mit ihren vorderen Armen fest. An der Oberfläche des Wassers aber schwimmt sie durch ruckweises Ausstossen von Wasser wie andere Cephalopoden. Hierbei ist der Mantel über der Schale ausgebreitet. Schwimmt sie unter Wasser, so sind Körper und Arme in die Schale zurückgezogen, und nur der Trichter macht ruckweise Bewegungen. *Argonauta* gehört also nicht zum Plankton.

Aber selbst zugegeben, dass *Argonauta* an der Oberfläche des offenen Meeres schwimmen könne, so muss doch betont werden, dass nach dem Tode des Thieres die Schale sofort dem Benthos angehört. Dass also bei *Argonauta* die Verbreitung der toten Schalen am Meeresgrund vollkommen mit den Grenzen übereinstimmt, welche der Verbreitung des lebenden Thieres gezogen sind.

1) J. POWER, Trans. Brit. Ass. Adv. Sc. 1844, S. 77.

Keine einzige Art von *Argonauta* ist kosmopolitisch. Infolgedessen kann in den Ablagerungen der Gegenwart, wenn es die zarte Struktur der Schale überhaupt erlaubt, keine *Argonauta*art als Leitfossil verwandt werden. Die Lebensweise von *Argonauta* und die Verbreitung ihrer Schalen nach dem Tode des Thieres besitzt also absolut keine Aehnlichkeit mit der Verbreitung der Ammonitenschalen.

Wenden wir uns jetzt den beiden Gattungen zu, welche wir oben erwähnten, und deren Strukturähnlichkeit mit den Ammonitenschalen wir betonen durften, so finden wir die überraschende Tatsache, dass die Thiere ein benthonisches Leben führen.

Nautilus ist ein kriechendes Thier, welches den Fischern Nachts in das Grundnetz geräth. Er ist im Flachwasser¹⁾ bei den Fidjiinseln sehr gemein. Die Eingeborenen fangen ihn in eigens dazu konstruirten Körben auf den Riffen.

An der Insel Matuka²⁾ wurde auf Korallenschlamm in 566 m ein *Nautilus pompilius* vom Challenger gefangen. Er schwamm, mit der Schale nach vorn, lebhaft in einem Wasserbecken herum. Die Schale stand senkrecht, der Mund war nach oben gerichtet. Beim Schwimmen stehen die kurzen Tentakeln radial wie die Tentakel einer Aktinie. Er starb nach kurzer Zeit. BENNET³⁾ machte darauf aufmerksam, dass dieser *Nautilus* vom Netz in geringerer Tiefe erfasst worden sein müsse, da dieselben gewöhnlich in ganz flachem Wasser leben. Die Eingeborenen fangen sie vom Boote aus auf Korallenriffen.

Das Exemplar⁴⁾ welches OWEN untersuchte, war von BENNET an der Küste der Neuhebriden gefangen worden, als es, an der Oberfläche schwimmend, eben unterzusinken im Begriff war, auf den Grund, wo der eigentliche Schauplatz seines Lebens ist. Denn (nach RUMPHIUS) ist das Hauptbewegungsorgan die Tentakelscheibe. Wenn er auf dem Wasser liegt, so streckt er seinen Kopf mit den Tentakeln hervor und breitet sie auseinander, mit dem Hintertheil der Schale ausser Wasser. Auf dem Meeresgrunde aber kriecht er in umgekehrter Haltung, die Schale nach oben, ziemlich rasch dahin. Er hält sich hauptsächlich am Grunde auf, wo er zuweilen in das Netz der Fischer geräth. Nach einem Sturme aber, wenn das Wasser ruhig wird, sieht man sie truppweise auf der Oberfläche schwimmen, da sie durch die Bewegung der Wellen emporgetrieben werden. Daraus dürfte man schliessen, dass sie auch am Grunde truppweise beisammen leben. Ihr Obenaufschwimmen ist indessen nicht von langer Dauer, bald ziehen sie ihre Arme ein, kehren ihre Schale um und sinken in die Tiefe hinab.

*Spirula australis*⁵⁾ wurde an der Küste von Neuseeland bei Port Nicholson und *Spirula peronii* vom Challenger an der Insel Banda in 657 m gefangen. Im Magen von *Fregata minor* (auf Raine Jsd.) fand man *Spirulaschalen*.

Nach den von SEMON eingezogenen Erkundigungen kommt *Nautilus* mit dem SO. Monsun nach Amboina und wird während desselben von

1) v. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1875, XXX, IV.

2) Chall. Rep. Zool. XVI, I, S. 200.

3) BENNET, Ann. Mag. Nat. Hist., 4. S., XX, S. 332.

4) JOHNSTON, Konchylologie, S. 120.

5) OWEN, Ann. Mag. Nat. Hist., 5. S., III, S. 2.

den dortigen Fischern mit Angeln am Meeresboden häufig gefangen. Während des NW. Monsums aber verschwinden die Thiere beinahe vollständig, so dass die Vermuthung nahe liegt, dass sie sich dann in grössere Tiefen zurückziehen.

*Nautilus pompilius*¹⁾ lebt im östlichen Archipel, auf Erromanga, Aneitum und anderen Inseln der Neuhebriden und Fidji, der seltene *N. macrophthalmus* findet sich um die Isle of Pines und Neucaledonien, während der sehr seltene *N. umbilicatus* im Solomonarchipel, Neugeorgien, Neubritannien, Neuirland und am östlichen Neuguinea vorkommt.

Der Magen des von BENNET erbeuteten Exemplars war voll Bruchstücke von Krebsen, die ihm zur Nahrung dienen.

Die Eingeborenen der Neuhebriden, von Neucaledonien, und Fidji fangen *Nautilus* als Nahrungsmittel. Auf der Isle of Pines tauchen die Eingeborenen nach *Nautilus*. Die Fidjiinsulaner fangen *Nautilus* am Rande der Riffe, wo er bei ruhiger See vom Boot aus in einigen Faden Tiefe kriechend zu sehen ist. Die Schalen sind auf Neucaledonien so häufig, dass ein Schiff mehrere Tons derselben nach Sydney brachte.

Auffällig ist es dabei, dass die Weichtheile selten erbeutet wurden. *Nautilus* und, in noch höherem Grade, *Spirulathiere* gehören zu den grössten Seltenheiten und zu den kostbarsten Schätzen zoologischer Museen. Um so überraschender ist aber die Thatsache, dass die Schalen beider Thiere ungemein häufig sind, und an allen wärmeren Küsten leicht gefunden werden.

Kein Naturforscher hat den Wendekreis nach Süden überschritten, ohne sich an den zierlichen Hörnchen von *Spirula* zu erfreuen, die er am sandigen Strande angespült fand. Auf einer kleinen Koralleninsel im NW. von Ceylon sammelte ich in wenigen Minuten 5 wohl-erhaltene *Spirula* und mehrere zerbrochene Exemplare. Schöne *Nautilus*-schalen sind um ein Billiges in jeder Naturalienhandlung zu kaufen, und abgeriebene Exemplare findet man leicht an den Küsten des Indik und Pazifik am Ufer angespült.

Es besteht also in dieser Hinsicht ein sehr auffallender Unterschied zwischen *Argonauta* einerseits, und *Nautilus* und *Spirula* auf der anderen Seite. Das Thier von der nicht seltenen *Argonauta* gehört dem Necton an, lebt freischwimmend im Meere, und nach dem Tode des Thieres sinkt die Schale sofort zu Boden.

Nautilus und *Spirula* leben an sehr eng umschriebenen Lokali-täten benthonisch und werden am Meeresboden gefangen, dagegen findet sich ihre Schale kosmopolitisch verbreitet. Die Schale eines benthonischen Thieres wird planktonisch, und zwischen den Verbreitungs-grenzen des lebenden Thieres und denen der todtten Schale besteht ein grundsätzlicher Unterschied. *Nautilus*-schalen und *Spirula*-schalen sind ausgezeichnete Leitfossilien, obwohl ihre Thiere auf diesen Namen absolut keinen Anspruch haben.

Mit grossen Massen²⁾ *Sargassum* werden bei Winterstürmen *Spirula*, *Janthina*, *Vellella*, *Physalia* und Nester von *Antennarius marmoratus* nach den Bermudas, ja bis nach den Küsten von Neufundland getrieben.

1) BENNET, Gatherings of a Naturalist. London 1860. Kap. XX.

2) MATTHEW, Nature 1879, Februar.

Indem wir also die eingangs näher begründete Uebereinstimmung im mechanischen Schalenbau von *Nautilus* und *Spirula* mit dem Schalenbau der Ammoniten unseren Betrachtungen zu grunde legen, kommen wir zu folgenden Sätzen: Die Verbreitung der gekammerten, luftgefüllten Cephalopodenschalen ist unabhängig von der Lebensweise der sie bewohnenden Weichthiere.

Nautilus und *Spirula* sind kriechende oder festsitzende Thiere, welche ein durchaus benthonisches Leben führen. Besäßen sie ungekammerte oder durch Kalkausscheidungen (Depots organiques, Obstruktionsringe etc.) beschwerte Schalen, so würde im Durchschnitt die Verbreitung der todten Schalen in gleichzeitigen Sedimenten, der geographischen Verbreitung der lebenden Thiere entsprechen. Statt dessen steigen die luftgefüllten Schalen nach dem Tode ihrer Bewohner zum Meeresspiegel passiv empor, und werden planktonisch. Ihre Verfrachtung und endgiltige Verbreitung ist jetzt nicht mehr von faunistischen, thiergeographischen Ursachen bedingt, sondern einzig und allein abhängig von den mechanischen Gründen des Schwebenbleibens und der Wasserbewegungen. Wellen, Dünung und Strömungen treiben die Schalen weit fort vom Wohnort ihrer Thiere, und an der entferntesten Küste werden sie ebenso ans Land gespült, wie sie sich den Ablagerungen der grössten Tiefen zugesellen können. Sobald die Luft aus der Schale entweichen kann, sinkt sie unaufhaltsam zum Meeresboden hinab und wird den verschiedenartigsten Sedimenten des gleichen Zeitabschnittes einverleibt.

Der Reichthum einer Ablagerung an gekammerten Cephalopodenschalen ist unabhängig von der Verbreitung und den Lebensbedingungen der lebenden Thiere.

Wenn man aus der Zahl der an einer fernen Insel ans Land gespülten *Spirulaschalen* einen Schluss ziehen dürfte auf die faunistische Verbreitung von *Spirula*, so würden die sandigen flachen Ufer aller tropischen Küsten eine ungemein zahlreiche *Spirulafauna* vermuthen lassen. Aber kein Zoologe hat sich bisher noch in dieser Richtung täuschen lassen. Denn mit *Spirula* zusammen findet er die noch zarteren violetten Schalen der *Janthina*, eines vollkommen pelagischen Thieres, und in oftmals erstaunlicher Zahl gesellen sich hierzu *Velleta*, *Physalia*, Medusen, und andere dem pelagischen Plankton angehörige Formen. Jedermann nimmt dieses Zusammenauftreten als Ausdruck dafür, dass die *Spirulaschale* nach dem Tode des Thieres pelagisch wird und einer ruhelosen Wanderung bis an ferne Gestade unterworfen ist.

Die Form und Gestalt der gekammerten Cephalopodenschalen erlaubt als solche keinen sicheren Schluss auf die Organisation des Thieres. Auch dieser Satz folgt ungezweifelt und selbstverständlich aus dem bisher Gesagten. Der Schale von *Spirula* würde Niemand ansehen können, dass ihre Form und Gestalt in gar keinem Zusammenhang steht mit der Organisation des Thieres. Der unbefangene Urtheiler käme nie auf die Vermuthung, dass diese so formbeständige und perlmutterglänzende Schale in dem Körper eingeschlossen gefunden wird, noch weniger würde man aus der Kammerung, aus dem Besitz eines hydrostatischen Organes, schliessen, dass

dasselbe rudimentär, unbenutzt, im Mantel eines benthonischen Thieres verborgen sei.

Die Verbreitung der gekammerten Cephalopodenschalen ist unabhängig von dem wechselnden Charakter der sie umhüllenden Sedimente und von der Meerestiefe.

In dem Mangroveschlamm Javas, an den sandigen Ufern Ramesverams, auf den vulkanischen Aschen der Kanaren und auf den Korallenriffen des Tropengürtels, überall findet man *Spirulaschalen* angespült. Kein Küstensediment im ganzen Gebiet der indopazifischen Provinz ist frei von *Nautilus*. (Cephalopodenkiefer sind in Tiefseeablagerungen sehr häufig.) Und was wir hier am Ufer beobachten, das können wir mit voller Sicherheit für alle Sedimente aller Tiefen voraussetzen, welche zwischen dem Wohnsitz der genannten Cephalopoden und der Absatzstelle ihrer Schale, längs des ganzen Weges ihrer passiven Wanderungen, gelegen sind. Der Verbreitung solcher Schalen in allen gleichzeitigen Ablagerungen steht nirgends ein Hinderniss im Wege.

Wenn wir aber die bisher gewonnenen Sätze in die geologische Kunstsprache übersetzen, so bedarf es nur des Wortes: Die Schalen der Ammoniten sind echte Leitfossilien, um die Tragweite des bisher Besprochenen sofort zu überschauen.

Die beiden lebenden Cephalopoden mit gekammerter Schale lehren uns folgendes über ihre ausgestorbenen Verwandten: Die Ammoniten waren Cephalopoden, die keineswegs alle nektonisch lebten, sondern welche, wie Solches aus dem mannichfachen Bau der Schalen hervorgeht, jedenfalls eine sehr verschiedenartige Organisation und Lebensweise zeigten. Es ist wahrscheinlich, dass die Mehrzahl derselben benthonisch am Meeresboden lebte und dass die einzelnen Arten ein relativ enges Lebensgebiet bewohnten. Die Mannichfaltigkeit der Existenzbedingungen in den Litoral- und Flachwassergebieten, welche sie bevölkerten, fand ihren Ausdruck in einer grossen Mannichfaltigkeit der Artentfaltung. Es ist unwahrscheinlich, dass die Ammoniten lebend grössere Wanderungen unternehmen konnten, ohne ihre Artcharaktere unter wechselnden äusseren Umständen durch Anpassung an neue Existenzbedingungen zu verlieren. Die Formen mit verengter Mündung, mit stark entwickelten Ohren, die cretaceischen „Nebenformen“ waren jedenfalls keine „guten Schwimmer“.

Dagegen wurden die Schalen der lokal entstandenen und lokal individuenreichen Arten infolge ihrer Luftkammern nach dem Tode der Thiere planktonisch, wurden passiv lange Zeit hindurch schwimmend erhalten, von Meeresströmungen verfrachtet, und je nach den Umständen, bald Ablagerungen tiefen Wassers, bald Absätzen des Litoralgebietes einverleibt. Jede noch so lokal lebende Art wurde nach ihrem Tode also kosmopolitisch verbreitet, und die gesetzmässige Aufeinanderfolge, das unvermittelte Auftreten, das sogenannte Einwandern neuer Typen entsprach keineswegs dem geschichtlichen Auftreten neuer Arten, sondern war wesentlich abhängig von den mechanischen Transportverhältnissen der damaligen Meere.

Infolgedessen finden wir die meisten Ammonitenschalen als leitende Fossilien in allen gleichzeitigen Ablagerungen; und wenn die Aufeinanderfolge der verschiedenen Arten und Gattungen in entfernten

Ländern gleichmässig nachgewiesen werden kann, wenn man die leitenden Horizonte überall wiederfindet, so beweist solches nicht, dass überall die Aufeinanderfolge der lebenden Faunen dieselbe war, nicht, dass gleichzeitig neue Arten entstanden oder alte Arten ausstarben, sondern diese Thatsachen sind der Ausdruck für die kosmopolitische, ich möchte sagen „transgredirende Verbreitung“ lokal entstandener Arten über die Fläche des derzeitigen Meeres.

Die Aufgabe künftiger Untersuchung muss es also sein: Anhaltspunkte dafür zu gewinnen, ob eine cephalopodenreiche Ablagerung eine lokale, primäre Fauna birgt, oder ob es sich um die Reste einer weit-hin verfrachteten Fauna handelt. Der Erhaltungszustand der Mündung und der zarteren Verzierungen wird hierfür Merkmale abgeben.

Jedenfalls aber dürfte es gerathen sein, einen unvermittelt auftretenden Ammoniten zuerst einmal als „Treibkörper“ zu betrachten, der in jeder Tiefe, in jeder Bucht eines Meeresbeckens zur Ablagerung kommen konnte. Nur wenn diese Erklärung auf Widersprüche stösst, wird man die lokalen Ammonitenfunde als Repräsentanten einer örtlichen Fauna auffassen dürfen.

Dass die Ammoniten wahre Leitfossilien sind — diese Thatsache ist von Geologen längst festgestellt worden. Nur indem man eine „freischwimmende Lebensweise“ der lebenden Thiere als Erklärung für diese Thatsache annahm, hat man einen Fehler begangen und hierbei den Grund zu allen jenen Bedenken gegeben, welche sich daraus für eine Darwinistische Erklärung ergaben. Nachdem wir diese Schwierigkeiten einigermaassen gelöst zu haben glauben, soll zum Schluss der Ansicht Ausdruck verliehen werden, dass die Ammonitenschalen nicht nur homotaxe Stufen, sondern wirklich homochrone Zeitabschnitte der Erdgeschichte markiren.

So lange man annahm, dass jeder Ammonit da gelebt habe, wo wir seine Schalen finden, so lange verlangt die Langsamkeit, mit der sich heute Thierwanderungen vollziehen, dass die durch gleiche Ammoniten bestimmten Horizonte, nicht absolut gleichalterig sein konnten.

Wenn wir uns aber von der durchaus unbegründeten und unbewiesenen Hypothese freimachen, dass die Verbreitung der Ammonitenschalen kongruent sei mit der einstigen Verbreitung der Ammonithiere, so ergibt sich auch die Möglichkeit, die durch sie charakterisirten Schichten in eine engere Gleichzeitigkeit zu rücken. Und dass die Ammoniten in dieser Hinsicht einen höheren diagnostischen Werth besitzen als irgend eine andere mit erhaltungsfähigen Skeletten versehene Thiergruppe, findet seinen Grund weniger in der faunistischen Lebensweise der Ammoniten, als in dem eigenthümlichen Bau ihrer Schale.

Lithogenesis der Gegenwart.

Beobachtungen über die Bildung der Gesteine
an der heutigen Erdoberfläche.

Von

Johannes Walther,

Inhaber der Haeckel-Professur für Geologie und Palaeontologie
an der Universität Jena.

Dritter Theil einer

Einleitung in die Geologie
als historische Wissenschaft.

Jena,

Verlag von Gustav Fischer.

1894.

Inhalt der Abschnitte.

Vorwort	Seite V.
I. Die Aufgaben und Methoden der Geologie	„ VII.
II. Zur Geschichte der ontologischen Methode	„ XIV.
III. Die Wege der ontologischen Methode	„ XIX.
IV. Die Grenzen der ontologischen Methode	„ XXVII.

I. Theil: Bionomie des Meeres.

1. Die Bedingungen des Lebens	Seite 1
2. Die Lebensbezirke des Meeres	„ 10
3. Die Organismen des Meeres	„ 16
A. Die marinen Existenzbedingungen:	
4. Die Facies des Meerbodens	„ 25
5. Der Einfluss des Lichtes	„ 35
6. Der Einfluss der Temperatur	„ 46
7. Der Einfluss des Salzgehaltes	„ 57
8. Gezeiten und Wellen	„ 70
9. Strömungen und Zirkulation des Meeres	„ 78
B. Die Lebensbezirke des Meeres:	
10. Die Flora des Litorals	„ 87
11. Die Litoralfauna	„ 94
12. Die Flora der Flachsee	„ 104
13. Die Fauna der Flachsee	„ 112
14. Aestuarien und Reliktenseen	„ 124
15. Das offene Meer	„ 137
16. Die Tiefsee	„ 154
17. Die ozeanischen Archipele	„ 169
18. Die geologischen Veränderungen der Meere	„ 177
19. Die Wanderungen der Thiere	„ 187
20. Die Korrelation der Lebensbezirke	„ 193

II. Theil: Die Lebensweise der Meeresthiere.

1. Die Lücken paläontologischer Ueberlieferung	Seite 199
2. Foraminifera	„ 207
3. Radiolaria	„ 231
4. Spongia	„ 245
5. Anthozoa	„ 267
6. Crinoidea	„ 296
7. Asteroidea	„ 301
8. Echinoidea	„ 312

9. Holothuria	Seite 329
10. Bryozoa	„ 331
11. Brachiopoda	„ 346
12. Die geographische Verbreitung der Mollusken	„ 355
1. Die arktische Provinz S. 355. 2. Die boreale Provinz S. 358. 3. Die keltische Provinz S. 362. 4. Die lusitanische Provinz S. 364. 5. Die aralo-caspische Provinz S. 367. 6. Die westafrikanische Provinz S. 367. 7. Die südafrikanische Provinz S. 370. 8. Die indopazifische Provinz S. 371. 9. Die australo-seeländische Provinz S. 373. 10. Die japanische Provinz S. 376. 11. Die alantische Provinz S. 377. 12. Die kalifornische Provinz S. 378. 13. Die panamische Provinz S. 379. 14. Die peruanische Provinz S. 380. 15. Die magellanisch-antarktische Provinz S. 381. 16. Die patagonische Provinz S. 382. 17. Die karaimische Provinz S. 383. 18. Die transatlantische Provinz S. 385.	
13. Lamellibranchiata	Seite 387
14. Gastropoda, Pteropoda	„ 436
15. Die Ammoniten als Leitfossilien	„ 509
16. Crustacea	„ 517
1. Cirripeden S. 517. 2. Ostrakoden S. 520. 3. Xiphosuren S. 524. 4. Isopoden S. 524. 5. Makruren-Decapoden S. 525. 6. Anomuren-Decapoden S. 526. 7. Brachyuren-Decapoden S. 527.	
Reduktionstafel zur Verwandlung von engl. Faden in Meter S. 529.	
Reduktionstafel zur Verwandlung von Meter in engl. Faden S. 531.	

III. Theil: Lithogenesis der Gegenwart.

Einleitung	Seite 535
A. Allgemeine Lithogenie.	
1. Die Stadien des gesteinsbildenden Vorganges	„ 543
2. Denudation und Auflagerung	„ 549
3. Die Verwitterung S. 554: I. Die physikal. Verwitterung S. 554. II. Die chem. Verwitterung S. 560. III. Die organische Verwitterung S. 568.	
4. Ablation und Transport S. 572: I. Die Deflation S. 574. II. Die Erosion S. 579. Die Exaration S. 581. IV. Die Abrasion S. 584.	
5. Die Corrasion S. 588: I. Durch den Sandwind S. 589. II. Durch fließendes Wasser S. 593. III. Durch Gletschereis S. 596. IV. Durch die Brandung S. 600.	
6. Der Einfluss der Dislokation auf die Stärke der Denudation .	Seite 602
7. Die Denudationsflächen S. 609: I. Die Deflationsflächen S. 612. II. Die Erosionsflächen S. 615. III. Die Exarationsflächen S. 617. IV. Die Abrasionsflächen S. 618.	
8. Die Auflagerungsflächen und die Entstehung der Schichtung .	Seite 620
9. Mechanische Ablagerungen	„ 642
10. Chemische Ablagerungen S. 651: I. Ablagerungen der Quell- und Flusswasser S. 652. II. Ablagerungen der Binnenseen S. 657. III. Ablagerungen des Meeres S. 658.	
11. Organische Ablagerungen S. 665: I. Kalk S. 669. II. Kieselsäure S. 676. III. Kohle S. 678. IV. Schwefel S. 679. V. Phosphate S. 680.	
12. Vulkanische Ablagerungen S. 681: I. Lava S. 683. II. Vulkanische Asche S. 686. III. Stratovulkane S. 690.	
13. Die Diagenese	Seite 693

14. Die Metamorphose S. 712: I. Kontaktmetamorphose S. 173. II. Druckmetamorphose S. 717.

I. Die Faciesbezirke der Gegenwart.

15. Das Festland (Allgemeine Uebersicht) Seite 719
16. Das Polargebiet, Klima " 731
1. Gehängeschutt S. 734. 2. Moränen S. 735. 3. Seen S. 740. 4. Ockerlager S. 740. 5. Humusgesteine S. 741. 6. Guano S. 743. 7. Steineis S. 743.
17. Die gemässigte Zone, Klima Seite 746
- I. Faciesbezirke vorwiegender Exaration S. 747: 1. Moränen S. 748.
2. Flussschotter S. 748. 3. Torflager S. 749. 4. Ockerabsätze S. 749.
- II. Faciesbezirke vorwiegender Erosion S. 749: A. Ablagerungen des Quellengebietes S. 749: 5. Schlammprudel S. 749. 6. Kalksinter S. 751.
7. Limonitbildungen S. 751. 8. Moore u. Humuslager S. 751. a) Hochmoore S. 752. b) Niederungsmoore S. 753. c) Waldmoore S. 753. B. Ablagerungen des Flusslaufes S. 755: 9. Kiesbänke S. 756. 10. Seifengebirge S. 758. 11. Holzreiche Sandbänke S. 760. C. Ablagerungen der Seebecken S. 761: 12. Seeschlamm S. 762. 13. Alm S. 767. 14. Moore S. 767.
- D. Ablagerungen des Mündungsgebietes S. 768: 15. Mechanische Ablagerungen S. 770. 16. Flugsand S. 772. 17. Chemische Ablagerungen S. 772. 18. Organische Ablagerungen S. 772.
- III. Faciesbezirke vorwiegender Deflation S. 773: 19. Lehm- und Löss S. 773. 20. Tschernosjom S. 773. 21. Dünen- und Sand S. 773.
18. Der Wüstengürtel, Klima Seite 776
- I. Mechanische Ablagerungen S. 778: 1. Gehängeschutt S. 778.
2. Quellabsätze (organische) S. 779. 3. Kalksinter (chemische) S. 780.
4. Schlammprudel S. 780. 5. Flussablagerungen S. 780. 6. Seeablagerungen S. 781.
- II. Chemische Ablagerungen S. 783: 7. Kalkabsätze S. 783. 8. Salze S. 784. a) in Salzseen S. 785. b) in Natronseen S. 790. 9. Kalksand (organischer?) S. 791.
- III. Deflationsprodukte S. 791: 10. Wüstensand S. 792. 11. Oolithdünen S. 797. 12. Steppenstaub u. Löss S. 797. 13. Tschernosjom S. 799. 14. Pampasthon S. 799.
19. Das Tropenland, Klima Seite 801.
1. Laterit auf erster Lagerstätte S. 803. 2. Hochebenenlaterit S. 807.
3. Thallaterit S. 809. 4. Seelaterit S. 810. 5. Teraidünen S. 810. 6. Rother Lehm S. 811. 7. Chemische Quellabsätze S. 811. 8. Humuslager und Regur S. 811.
20. Festländische Vulkane, Klima und Form Seite 817
- I. Vulkanische Ablagerungen auf erster Lagerstätte S. 818: 1. Lava S. 818. 2. Tuffe S. 820. 3. Humusgesteine S. 821. 4. Quellsinter S. 821.
5. Schlammgeysire S. 825.
- II. Ablagerungen der Erosionsgebiete S. 825: 6. Kraterseen S. 826.
7. Alaunseen S. 826. 8. Schwefelseen S. 826. 9. Schlammströme S. 826.
- III. Ablagerungen der Deflationsgebiete S. 827: 10. Flugsand S. 827.
- IV. Ablagerungen der Exarationsgebiete S. 828: 11. Moränen S. 828.
12. Humuslager S. 830.
21. Das Litoralgebiet, Klima Seite 832
- I. Mechanische Ablagerungen S. 834: 1. Blockstrand S. 834. 2. Kiesstrand S. 836. 3. Sandstrand u. Dünen S. 836. 4. Schlammstrand S. 845.
5. Deltagebiete S. 848.

II. Chemische Ablagerungen S. 849: 6. Schwarze Rinden S. 849.	
7. Kalkoolith S. 849. 8. Gyps S. 850. 9. Salz S. 850.	
III. Organische Ablagerungen S. 851: 10. Treibholz S. 851. 11. Humus	
S. 852. 12. Diatomeenerde S. 852. 13. Kopalführender Sand S. 852.	
14. Guano S. 852. 15. Wirbelthierknochen S. 853. 16. Algentorf S. 853.	
17. Strandwall S. 854.	
22. Das Meer (Allgemeine Uebersicht)	Seite 857.
23. Die Flachsee, Klima	„ 866
1. Kies und Geröll S. 871. 2. Sand S. 872. 3. Blauschlamm S. 878.	
4. Grünschlamm S. 880. 5. Grünsand S. 881. 6. Rothschlamm S. 884.	
7. Oolithsand S. 884. 8. Kalkgehalt der Sedimente S. 885. 9. Phytogene	
Kalke S. 887. 10. Zoogene Kulte S. 888.	
24. Die Korallenriffe, Klima und Form	Seite 893.
1. Korallenstöcke S. 912. 2. Organischer Kalksand S. 914. 3. Phyto-	
gene Kalke S. 928. 4. Korallenschlamm S. 929. 5. Kalkdünen S. 930.	
6. Terrigene Sande u. Gerölle S. 931. 7. Bimsteine u. Terra rossa S. 932.	
8. Humus S. 932. 9. Guano S. 933.	
25. Die Vulkaninseln, Klima und Form	Seite 934
1. Vulkanischer Schlamm S. 943. 2. Vulkanischer Sand S. 944. 3. Bim-	
steine S. 945. 4. Vulkanisches Glas S. 946. 5. Palagonit S. 947. 6. Orga-	
nische Kalke S. 947. 7. Mineralsande S. 949. 8. Oolithsand S. 950.	
9. Salz S. 950. 10. Kalksand S. 950. 11. Laven S. 950. 12. Tuffe S. 950.	
13. Quellabsätze S. 950. 14. Seeablagerungen S. 950. 15. Flugsand S. 951.	
16. Guano S. 951. 17. Humus S. 951. 18. Laterit S. 951.	
26. Die Tiefsee, Klima	Seite 952.
Quellen der Tiefsee-Sedimente: I. Flusstrübe S. 952. II. Erratisches	
Material S. 953. III. Festländische Pflanzen S. 953. IV. Kosmischer	
Staub S. 954. V. Vulkanisches Material S. 955. VI. Planktonreste S. 956.	
VII. Nektonreste S. 957. VIII. Benthosreste S. 958.	
Tiefsee-Ablagerungen: 1. Globigerinenschlick S. 963. 2. Bilokulinen-	
schlick S. 965. 3. Pteropodenschlick S. 965. 4. Diatomeenschlick S. 966.	
5. Radiolarinenschlick S. 967. 6. Rother Tiefseethon S. 969.	
C. Grundlinien einer vergleichenden Lithologie.	
27. Die Korrelation der Facies	Seite 974
28. Die Aequivalenz der Gesteine	„ 982
29. Der Facieswechsel	„ 987
30. Die Auslese der Gesteine	„ 995
31. Die lithogenetische Bedeutung der Organismen	„ 1001
32. Die Erdgeschichte, — eine Geschichte der Fossilien und der Gesteine	„ 1005
Index der Gattungsnamen	„ 1009
Sach- und Ortsregister	„ 1028
Druckfehler und Berichtigungen	„ 1053



16. Crustacea.

Die Krebse oder Crustaceen sind segmentirte Arthropoden, welche an den einzelnen Metameren ihres Körpers gegliederte Gliedmaassen tragen, und die in der Regel mit Kiemen athmen. Körper und Gliedmaassen sind durch mehr oder weniger stark verkalkte äussere Panzer geschützt. Der Kopf trägt einfache oder facettirte Augen. Trotz ihrer ungeheueren Formenzahl und dem Individuenreichthum, in dem sie die Meere aller Breiten bewohnen, sind doch nur wenige Abtheilungen von besonderer geologischer Wichtigkeit, in folgedessen werden wir nur die gesperrt gedruckten Gruppen näher betrachten:

- I. *Entomostraca*: *Cirripedia* 1)
Copepoda
Ostracoda 2)
Phyllopoda
Trilobitac.
- II. *Merostomata*: *Xiphosura* 3)
Gigantostraca.
- III. *Malacostraca*: *Phyllocarida*
Isopoda 4)
Amphipoda
Stomatopoda.
Cumacca
Schizopoda
- Decapoda*: { *Macrura* 5)
Anomura 6)
Brachyura. 7)

1) Cirripeden.

Die Rankenfüsser sind festsitzende hermaphroditische Krebse, deren rudimentärer Körper von einem mit Kalkplatten bedeckten Mantel umgeben ist. Die Naupliuslarven leben planktonisch. Nach dem Tode der Thiere fallen die Schalen auseinander, und sind dann systematisch sehr schwer zu verwerthen. Nach einzelnen Schalenstücken¹⁾ kann man

1) DARWIN, Leben und Briefe I, S. 347.

keine Art, kaum eine Gattung bestimmen, da die einzelnen Theile des Skelettes sehr variiren.

Die überwiegende Mehrzahl der Cirripeden¹⁾ sind Seichtwasserbewohner, doch findet man sie auch in der Tiefsee, und zwar kamen oft drei verschiedene Arten mit demselben Dredgezug herauf. Von 34 Gattungen sind 28 litoral. *Alepas* und *Pocillasma* leben von 1—730 m, *Balanus* von 1—932 m, *Dichelaspis* von 1—1828 m, und nur *Scalpellum* und *Verruca* wurden noch tiefer gefunden. Eigentliche Tiefseeformen giebt es nicht.

Während die Balaniden besonders häufig an den Felsen des Schorrengbietes sitzen, gehören die Lepadiden zu den Bewohnern des offenen Meeres. Angeheftet an treibendes Holz, Bimstein und andere Fremdkörper führen sie ein pseudoplanktonisches Leben, trotzdem man sie eigentlich zum sessilen Benthos rechnen müsste. *Balanus improvisus* lebt auch im Brackwasser der Ostsee.

Acasta Leach

1—18 f.
1—32 m.

Adna anglica Forb.

12—25 f.
21—64 m.

Alcippe Hancock

15—20 f.
27—36 m.

Alcippe lampas Hanc.

bohrt in *Fusus*, *Buccinum* und anderen Schnecken.

Alepas Rang

1—410 f.
1—750 m.

Alepas minuta Phil.

auf Stacheln von *Dorocidaris papillata*

59 f.
108 m.

Anclasma Darwin

Eingesenkt in die Rückenhaut von Haien.

Balanus L.

1—516 f.
1—943 m.

Balanus balanoides L.

25 f.
45 m.

Balanus ovalaris

lebt bei Cuxhaven 3—4 m unter dem Wasserspiegel der höchsten Fluth, auf Schalen von *Mytilus edulis*.

Balanus scoticus Forb.

15—25 f.
27—45 m.

1) Hock, Chall. Rep. Zool. VIII, S. 23.

- Balanus spongiosus*
findet sich in Spongien eingebettet, so dass nur ein Theil der
Schale herausragt.
- Balanus sulcatus*
7—90 f.
12—164 m.
- Catophragmus* Sow. litoral.
- Chaetolepas segmentata* Stud.
auf Sertularien 1092 m.
- Chamaesipho* Darw. litoral.
- Chelonobia* Leach
Auf Schildkröten, Krebsen, Muscheln.
- Chthalmus* Rang
1—20 f.
1—36 m.
- Chthalmus germanus*
lebt bei Cuxhaven auf Steinen, oft so hoch, dass die Thiere
kaum 1—2 Stunden von Wasser bedeckt sind.
- Cleilia verrucosa*
7—90 f.
12—164 m.
- Conchoderma* Olfers
Oberfläche.
- Coronula diadema* L.
auf Walen angeheftet.
- Cryptophialus* Darw.
in der Schale von *Concholepas peruviana*.
- Cryptolepas* Dall
Oberfläche.
- Dichelaspis* Darw.
? — 1000 f.
— 1828 m.
- Elminius* Leach litoral.
- Ibla* Leach litoral.
- Kochlorine* Noll litoral.
- Kochlorine hamata* bohrt sich bei Cadix in Schalen von *Haliotis*.
- Lepas* L.
Oberfläche.
- Megalasma* Hock.
100—115 f.
182—209 m.
- Octomeris* Sow. litoral.
- Platylepas* Gray
Oberfläche.

Pocillasma Darw.390—420 f.
712—767 m.*Pollicipes* Leach

litoral.

Pyrgoma Leach12—35 f.
21—64 m.*Scalpellum* Leach15—2850 f.
27—5211 m.*Scalpellum regium*

Hunderte von geschwärzten Schalen bei Cap Maysi in 1700 m.

*Scalpellum vulgare*15—27 f.
27—49 m.*Tetrachita*1—10 f.
1—18 m.*Tubicinella* Lam.

Oberfläche.

Verruca Schum.7—1900 f.
12—3474 m.*Xenobalanus* Steenst.

Oberfläche.

2) Ostrakoden.

Der Körper der Muschelkrebse ist undeutlich segmentirt und in eine zweiklappige Schale eingeschlossen. Die meisten bewohnen das Meer, wo sie, in verschiedenen Tiefen schwebend, einen wichtigen Antheil an der Zusammensetzung des Plankton nehmen. Die Ostrakoden¹⁾ der Ostsee kommen ausschliesslich auf Pflanzen vor, niemals im Schlamm. Auf Algen sind sie meist ausserordentlich zahlreich. Langsam kriechen sie an denselben hin und scheinen ihre Nahrung in den anhaftenden zerfallenden Pflanzentheilen zu finden.

CHUN fand sie zahlreich als zonares Plankton bei Neapel 900—1300 m tief schwebend.

In Salztümpeln²⁾ finden sich:

Cytherca castanea Sars
Cytheridea torosa Jon.
Loxoconcha elliptica Brady
Cypris salina Brady
Cypridopsis aculeata Lillj.

In den Aestuarien englischer Flüsse findet man:

Cypris *Potamocypris*
Cypridopsis *Caudona*

1) DAHL, Zool. Jahrbücher 1888, S. 600.

2) BRADY, Ann. Mag. Nat. Hist. 4 S., VI, S. 1.

<i>Pontocypris</i>	<i>Cytherideis</i>
<i>Cythere</i>	<i>Paradoxostoma</i>
<i>Limnocythere</i>	<i>Polycheles</i>
<i>Cytheridea</i>	<i>Cypris</i>
<i>Eucythere</i>	<i>Cypridopsis</i>
<i>Loxoconcha</i>	<i>Metacypris</i>
<i>Cytherura</i>	<i>Goniocypris</i>
<i>Cytheropteron</i>	<i>Notodromus</i>
<i>Sclerochilus</i>	<i>Argilloecia</i>
	<i>Polycope.</i>

Nach den Bestimmungen von BRADY¹⁾ wurden vom Challenger folgende Formen gefangen:

<i>Aglaia meridionalis</i> Brady	6 f. 10 m.
<i>Aglaia pusilla</i> Brady	40 f. 73 m.
<i>Argillaecia badia</i> Brady	2—10 f. 3—18 m.
<i>Argillaecia eburnea</i> Brady	20—1900 f. 36—3474 m.
<i>Asterope</i> sp. Phil. an den Bermudas	435 f. 795 m.
<i>Bairdia Bosquetiana</i> Brady	470 f. 859 m.
<i>Bairdia villosa</i> Brady	20—150 f. 36—273 m.
<i>Bradycinetus Brenda</i> Baird. sehr häufig im Nordpolarmeer bei Grönland	7—35 f. 12—64 m.
<i>Bythocypris reniformis</i> Brady	38—675 f. 69—1234 m.
<i>Bythocythere pumilio</i> Brady	20—50 f. 36—91 m.
<i>Crossophorus imperator</i> Brady bei 2° C., wird 8 mm lang	1100 f. 2011 m.

1) BRADY, Challenger Rep. Zool. Vol I, s. auch
BRADY, Denkschr. Acad. Wissensch. Wien XXXIII.
PARKER, Philos. Trans. 155, 1.

<i>Cypridina formosa</i> Dana	
Oberfläche.	
<i>Cypridina gracilis</i> Brady	1000 f. 1828 m.
<i>Cythere acanthoderma</i> Brady	150—2740 f. 273—5010 m.
<i>Cythere canaliculata</i> Reuss	2—4 f. 3—7 m.
<i>Cythere crispata</i> Brady	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cythere dictyon</i> Brady	37—2220 f. 67—4059 m.
<i>Cythere demissa</i> Brady	2—10 f. 3—18 m.
<i>Cythere fungoides</i> Brady	28—435 f. 51—795 m.
<i>Cythere leioderma</i> Norman	100 m.
<i>Cythere mirabilis</i> Jones	163 m.
<i>Cythere Murrayana</i> Brady	
pelagisch bei Neuseeland.	
<i>Cytherella cavernosa</i> Brady	6—40 f. 10—73 m.
<i>Cytherella polita</i> Brady	0—13 f. 0—23 m.
<i>Cytheridea Sorbyana</i> Jones	100 m.
<i>Cytheridea spinulosa</i> Brady	15—420 f. 27—769 m.
<i>Cytherideis laevata</i> Brady	75 f. 137 m.
<i>Cytheropteron mucronalatum</i> Brady	1375—2050 f. 2414—2748 m.
<i>Cytherura clavata</i> Brady	6 f. 10 m.
<i>Cytherura cribrosa</i> Brady	160 f. 291 m.

<i>Eucythere argus</i> Sars	170 m.
<i>Halocypris atlantica</i> Lubl. pelagisch, kosmopolitisch.	
<i>Jonesia simplex</i> Norm.	25—70 f. 45—128 m.
<i>Krithe bartonensis</i> Jones	120—580 f. 218—1060 m.
<i>Krithe glacialis</i> Brady	400 m.
<i>Krithe producta</i> Brady	150—1825 f. 273—3336 m.
<i>Loxoconcha africana</i> Brady	1070—1150 f. 1956—2102 m.
<i>Loxoconcha sculpta</i> Brady	6—8 f. 10—14 m.
<i>Loxoconcha variolata</i> Brady	6—8 f. 10—14 m.
<i>Macrocypris decora</i> Brady	120—390 f. 218—712 m.
weitverbreitet auf der Südhemisphäre.	
<i>Macrocypris orientalis</i> Brady	6—37 f. 10—67 m.
<i>Paradoxostoma abbreviatum</i> Sars	20—50 f. 36—91 m.
<i>Philomedes gibbosa</i> Dana pelagisch.	
<i>Phlyctenophora zealandica</i> Brady	2—37 f. 3—67 m.
<i>Polycopse orbicularis</i> Sars	11—150 f. 20—273 m.
<i>Pontocypris faba</i> Reuss Neuseeland	40 f. 73 m.
<i>Pontocypris trigonella</i> Sars	435 f. 795 m.
<i>Pseudocythere caudata</i> Sars	20—1900 f. 36—3474 m.

Sclerochilus contortus Norman

20—75 f.
36—137 m.

Xestoleberis curta Brady

2—1375 f.
3—2514 m.

Xiphochilus complanatus Brady

120 f.
218 m.

3) Xiphosuren.

Die lebende Gattung *Limulus* besitzt ein breites halbkreisförmiges Brustkopfschild, mit sechs Paar Beinen auf der Unterseite, sowie mit zwei grossen und zwei kleinen Augen auf dem Rücken. Der Hinterleib endet in einen langen Schwanzstachel und trägt auf der Unterseite fünf Paar blattförmige Kiemen. *Limulus*¹⁾ besitzt auf den Philippinen ein planktonisches Naupliusstadium.

Sehr junge²⁾ *Limulus*, *Apus* und andere Crustaceen schwimmen häufig auf dem Rücken. Junge *Limulus* bleiben stundenlang in dieser Stellung ruhig stehen. Wenn sie ihre Haut abwerfen, so fällt sie auch mit dem Rücken nach unten zu Boden, und nicht selten sieht man an Küsten, wo *Limulus* häufig ist, hunderte von Panzern auf der Schorre in dieser Position liegen. Die jungen *Limulus* fressen auch in dieser Stellung; indem ihr Körper einen Winkel mit dem Boden bildet, weiden sie denselben ab und erzeugen zugleich mit ihren Abdominalanhängen einen Studel, welcher das Unessbare fortschwemmt. *Limulus polyphemus* lebt³⁾ vom Maine bis Mexiko. Sie leben gewöhnlich in Schlamm- und Seichtwassersand vergraben, und sind am häufigsten im Schlamm- und Sandboden der Küste oder von Aestuarien. Zur Brutzeit, im Mai bis Juli, kommen sie an sandige Küsten paarweise, das kleinere Männchen auf dem Weibchen reitend. Das Weibchen gräbt eine Grube, legt die Eier hinein, welche das Männchen befruchtet. Darauf wandern sie wieder nach dem Meere und überlassen den Wellen, die Eier mit Sand zu bedecken. Die Eier sind sehr zahlreich und entwickeln sich in sechs Wochen.

4) Isopoden.

Der flache, oben gewölbte Körper der Asseln zerfällt in eine Anzahl von Segmenten, welche je ein Paar Gliedmaassen tragen, am Kopfe sind zwei Paar Fühler und eine Anzahl ungestielter Augen vorhanden. Fast alle sind getrenntgeschlechtlich und bewohnen meist das Meer.

Eine grosse Zahl⁴⁾ von Isopoden aus den Gattungen: *Asellus*, *Jacera*, *Paramunna*, *Dendrotion*, *Idotheca*, *Anthura*, *Haliophasma*.

1) V. WILLEMOES-SUHM, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1877, CXXX, II.

2) AGASSIZ, Ann. Mag. Nat. Hist. 5, S. I, S. 184.

3) Unit. Stat. Fish. Comm. Rep. I, S. 828.

4) CHALLENGER, Rep. Zool. XI, III, S. 31.
das. XVII, I, S. 159.

Sphaeroma, *Ceratocephalus* bewohnen das Seichtwasser. Die meisten kriechen und schwimmen, andere sind Parasiten.

Sie leben meist von Fleisch und skelettiren oft in einer Nacht die im Netz gefangenen Fische.

Die Tiefe von 550 m scheint die Flachsee- von den Tiefseecasseln zu scheiden.

In Tiefen von 3600 m findet man noch: *Eurycope abyssicola*, *Arcturus abyssicola*, *Bathytanais bathybrotos* (auch im Seichtwasser), *Typhlotanais* und *Serolis neaera*.

Die Gattung *Serolis* umfasst 22 Flachsee- und Tiefseearten, welche scharf voneinander getrennt leben:

Serolis latifrons

1—210 f.

1—383 m.

Serolis cornuta

1—120 f.

1—218 m.

Serolis bromleyana

410—1975 f.

749—3611 m.

Serolis neaera

600—2040 m.

1097—3730 m.

Serolis antarctica

410—1600 f.

749—2926 m.

Die Dekapoden besitzen einen breiten oder länglichen Cephalothorax mit 13 Gliedmaassenpaaren, die zum Theil als Scheeren entwickelt sind. Die Augen sind gestielt. Die Kiemen liegen unter dem Rückenschild. Nach der Ausbildung des Hinterleibes unterscheidet man drei Unterabtheilungen.

5) Die Makruren

haben einen wohlentwickelten, langen, mit Beinen versehenen Hinterleib.

Sehr gross ist ihre Reproduktionskraft. *Palinurus quadricornis* hat 12000 Eier, *Homarus americanus*¹⁾ sogar 20000. Die Hauptnahrung der Krebse sind grössere oder kleinere, lebende oder todt Thiere. Mit Hilfe ihrer starken Scheeren zerbrechen sie Muscheln, Echinodermen, Krebse u. s. w., um mit ihren Kaufüssen die Fleischreste herauszuholen. Die Hauptnahrung²⁾ der *Palinurus* bilden kleine Muscheln, namentlich *Tellina* und *Donax*, die sie mit grosser Geschicklichkeit zu öffnen verstehen. Die Muschel wird von der einschlagbaren Klaue des ersten Fusspaares gefasst, worauf man ein knackendes Geräusch vernimmt und bemerkt, wie die von Klaue und Mandibeln zertrümmerte Muschel in Stücken herabfällt und der Inhalt zwischen die arbeitenden Kiefer gebracht wird.

1) SMITH, Ann. Mag. Nat. Hist. 5. S., XVII, S. 198.

2) SCHMIDTLEIN, Mitth. Zool. Stat. Neapel 1879, S. 506.

Auch VERILL¹⁾ beobachtet: dass die Anhäufungen von zerbrochenen Schalen, am Meeresgrunde der Neuenglischen Küste, von Krabben und anderen Krebsen erzeugt werden, welche die Schalen zerbrechen, um das Fleisch herauszuholen.

Der Besitz oder Mangel einer Scheere ist, wie die Beobachtung von SCHMIDTLEIN lehrt, für diese Thätigkeit nicht entscheidend. 166 Arten fand der Challenger²⁾ 1—90 m tief, während nur 30 Arten unter 3600 m leben. Die grösste vertikale Verbreitung hat *Benthescymus brasiliensis*, welcher von 575—4462 m, *B. pleocanthus*, welcher von 822—5577 m und *Alpheus avarus*, der bei Australien von 14—4891 m gefunden wurde. *Homarus americanus*³⁾ lebt während des Sommers nahe der Küste und steigt bei Beginn der kälteren Jahreszeit in die Tiefe.

Die Familie⁴⁾ der Polycheliden, welche dem jurassischen *Eryon* sehr nahe steht, (*Polychetes*, *Willemoesia* u. A.) bewohnt die tiefsten Gründe des Ozeans. *Willemoesia leptodactyla* wurde im Atlantik und im Pazifik 3474 m tief gefangen, *Pentachetes* fand sich weitverbreitet 218—1956 m tief.

Sehorgane fehlen vollständig bei *Eryoneicus*, auch *Thaumastocheles* ist blind. *Phoberus* mit rudimentären Augen, lebt 914 m tief und wird 21 cm lang.

Nematocarinus fand sich 465—5486 Fd. tief und scheint in den mittleren Wasserschichten zu schwimmen.

Alpheus lebt auf Schlamm wie auf Korallen, *A. avarus* fand sich 14—4891 m tief.

Die *Penaeiden* leben zahlreich im offenen Wasser, manche 0—182 m, andere nur unterhalb 550 m, während manche Arten in den tiefsten Abgründen, nahe dem Boden der Tiefsee, zu leben scheinen.

Zahlreiche Arten von *Sergestes* nebst *Acetes* und *Leucifer* leben nahe der Meeresfläche pelagisch.

Penacus und *Aristeus* leben häufig unterhalb 200 m und sind zum Theil sehr gute Schwimmer.

Mit Ausnahme von *Glyphocrangon* sind alle Tiefseebewohner zarte, biegsame Geschöpfe, unfähig des Angriffs oder der Verteidigung.

6) Die Anomuren

haben meist einen ungepanzten Hinterleib und finden ihre typische Vertretung in den Einsiedlerkrebsen, welche zwar nur selten fossil erhalten sind, aber doch ein gewisses bionomisches Interesse beanspruchen. Denn da sie ihren weichhäutigen Hinterleib in leeren Schnecken- und Muschelschalen verbergen und mit diesem Haus weite Wanderungen unternehmen, so tragen sie solche marine Reste in andere Lebensbezirke hinein. Grosse *Turboschalen*⁵⁾ werden durch Anomuren auf den Antillen

1) VERILL, Americ. Journal Sc. 1882, II, S. 450.

2) BATE, Chall. Rep. Zool. Vol XXIV.

3) U. S. Fish. Comm. I, S. 782.

4) CHALLENGER, Narrative II, S. 524.

5) CHALLENGER, Narrative I, S. 129.

bis 300 m hoch in die Berge getragen. *Cocnobita rugosa*¹⁾ spielt am Strande des Rothen Meeres die Gesundheitspolizei. Stets hungrig und stets auf der Lauer, fahnden sie nach ausgespülten Thierleichen und räumen damit in kürzester Zeit auf.

*Pagurus*²⁾ soll die Fähigkeit haben, die Spindel der von ihm bewohnten Schneckenschalen aufzulösen.

Manche Einsiedlerkrebse³⁾ leben mit Aktinien in einem seltsamen Verhältniss, indem sie solche auf ihre Schneckenschale verpflanzen und mit sich herumschleppen. Der Ortswechsel nützt der Aktinie, und die Nesselfäden der letzteren schützen den Krebs. *Pagurus calludus* bewohnt *Murex*- und *Cassischalen*; seine Aktinie ist *Sagartia parasitica*. Während *Eupagurus Prideauxii* auf Schalen von *Natica* und *Nassa* die Aktinie *Adamsia palliata* herumträgt.

Auf der Insel Polas⁴⁾ giebt es Landanomuren, welche in Landschnecken leben, und hoch in die Berge hinaufsteigen.

7) Die Brachyuren

oder Krabben sind durch einen sehr kurzen Hinterleib ausgezeichnet, den sie unter dem breiten Cephalothorax einschlagen. Die Krabben sind wohl die intelligentesten aller Meeresgeschöpfe. Die *Cyclometopa*⁵⁾ (*Cancroidea*) und *Catomictopa* (*Grapsoidae*) sind mit Ausnahme von *Pilumnoplax* festländische, litorale oder Seichtwasserbewohner. Sehr wenige Brachyuren finden sich unterhalb 750 m, und nur die kleine *Ethusa microphthalma* Sm. wurde an den Azoren in 1828 m gefunden.

Nautilograpsus minutus lebt pelagisch auf Golfkraut, *Plagusia immaculata* Lam. und *Varuna litterata* Fabr. leben auf Treibholz.

58 Arten leben von	1—36 m.
12 " " "	36—90 "
10 " " "	90—180 "
30 " " "	180—360 "
35 " " "	360—900 "
14 " " "	900—1800 "
10 " " "	1800—2700 "

*Ethusa Challengeri*⁶⁾ und *E. gracilis* leben von 1800—3600 m, *Neptunus Sayi* und *Nautilograpsus minutus* finden sich auf *Sargassum*. *Acanthocyclus*, *Telphusa sinuatifrons*, *T. perlata*, *T. dehaanii*, *Geocarcinus lagostoma*, *Cardiosoma guanhumi*, *C. armatum*, *C. carnifex* und *Varuna litterata* leben im Süßwasser und auf dem Lande.

Auf Korallen⁷⁾ leben besonders folgende Dekapoden: *Pilumnus*, *Chlorodiadema*, *Actaea*, *Carpilius*, *Trapezia*, *Alpheus*.

Sehr verschiedene Arten⁸⁾ der grösseren Krebse, *Libinia*, *Cancer*, *Panopeus*, *Carcinus*, *Platyoniscus*, *Eupagurus*, *Catapagurus*, *Palae-*

1) KELLER, Reisebilder aus Ostafrika und Madagascar, S. 53.

2) GRAY, Ann. Mag. Nat. Hist. 1858, S. 164.

3) EISEIG, Ausland 1882, S. 681.

4) GREEF, Kosmos XI, S. 228.

5) CHALLENGER, Narrative II, S. 586.

6) CHALLENGER, Rep. Zool. XVII, II, XII.

7) Gazelle III, S. 21.

8) VERILL, Americ. Journal 1882, II, 450, Ann.

monetes, *Virbius*, *Limulus* lieben ungemein den pelagischen Mulder. Wenn man solchen, aus Diatomeen, Copepoden u. s. w. bestehenden Schlamm in ein Aquarium wirft, das mit Krebsen besetzt ist, so fallen sie darüber her und verzehren ihn mit grosser Gier.

Die *Gelasimusk*rabben¹⁾ bewohnen die schlammigsten Küstenstrecken an den Antillen, und wenn nach längerer Trockenheit der Schlamm austrocknet, so sterben sie in solchen Mengen, dass die Luft von ihnen verpestet wird. Oftmals ist der ganze Boden durchwühlt von ihren Wohnröhren. *Cardisoma* dringt in die Gräber ein, um Leichen zu verzehren. Man fängt sie am leichtesten während heftiger Winterregen, denn sie können dann nicht in ihren Höhlen bleiben und flüchten zu Tausenden nach den nächsten trocknen Stellen.

Die Krabben besitzen die Fähigkeit²⁾, ihre Beine abzuwerfen, wenn sie an denselben ergriffen werden; sie entgehen dadurch leicht ihren Feinden.

*Aethusa*³⁾, *Dromia*, *Dorippe* tragen auf ihrem Rücken Spongien und andere Fremdkörper mit herum, um unter diesem Schutz leichter ihre Beute beschleichen zu können. *Inachus*, *Pisa*, *Lissa* haben ein Rückenschild, das mit Schwämmen, Bryozoen, Ascidien, Hydroiden u. s. w. bewachsen ist, so dass sie beständig einen Garten von Nahrungsmitteln mit sich herumtragen und zugleich gegen Nachstellungen geschützt sind.

Viele Krabben vergraben sich im Sand, so dass nur die Antennen und Augen heraus schauen.

Die Spur der Krabbenfüsse auf weichen Sedimenten ist durch DEMOOR⁴⁾ untersucht und abgebildet worden.

Am 30. August 1857⁵⁾ vor einem Erdbeben bei Payta (Chile) kamen viele Krabben ans Land, und 10 Tage nach dem Beben wurde ein 1 m hoher und 1 m breiter Wall von todtten Krabben am Strande angehäuft. Zugleich wurde das Wasser schwarzgrün. Als später dieselbe Krabbenart wieder gesehen wurde, schienen alle krank zu sein und viele kamen ans Land, um dort zu sterben.

1) DUCHASSAING, Ann. Mag. Nat. Hist. 2. S., IX, S. 77.

2) FREDERICQ, Arch. Zool. Exp. 2. S., I, S. 424.

3) EISIG, Ausland 1882, S. 838.

4) DEMOOR, Arch. Zool. Exp. 2. S., IX, Taf. XX, XXI.

5) FORBES, Proc. Geol. Soc. 1858.

Reduktionstafel zur Verwandlung von engl. Faden in Meter.

Aus Geogr. Jahrb. Bd. VII, 1878.

Faden	Hundertert									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Tausender	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter
0	0,00	182,88	365,75	548,63	731,51	914,38	1 097,26	1 280,14	1 463,01	1 645,89
1000	1 828,77	2 011,65	2 194,52	2 377,40	2 560,28	2 743,15	2 926,03	3 108,91	3 291,78	3 474,66
2000	3 657,53	3 840,41	4 023,28	4 206,16	4 389,04	4 571,91	4 754,79	4 937,67	5 120,54	5 303,42
3000	5 486,30	5 669,18	5 852,05	6 034,93	6 217,81	6 400,68	6 583,56	6 766,44	6 949,31	7 132,19
4000	7 315,07	7 497,95	7 680,82	7 863,70	8 046,58	8 229,45	8 412,33	8 595,21	8 778,08	8 960,96
5000	9 143,83	9 326,71	9 509,58	9 692,46	9 875,34	10 058,21	10 241,09	10 423,97	10 606,84	10 789,72
6000	10 972,60	11 155,48	11 338,35	11 521,23	11 704,11	11 886,98	12 069,86	12 252,73	12 435,61	12 618,49
7000	12 801,37	12 984,25	13 167,12	13 350,00	13 532,88	13 715,75	13 898,63	14 081,51	14 264,38	14 447,26
8000	14 630,14	14 813,02	14 995,89	15 178,77	15 361,65	15 544,52	15 727,40	15 910,27	16 093,15	16 276,03
9000	16 458,90	16 641,78	16 824,65	17 007,53	17 190,41	17 373,28	17 556,16	17 739,04	17 921,92	18 104,80
Faden	Einer									
Zehner	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter
0	0,00	1,83	3,66	5,49	7,32	9,14	10,97	12,80	14,63	16,46
10	18,29	20,12	21,95	23,77	25,60	27,43	29,26	31,09	32,92	34,75
20	36,58	38,40	40,23	42,06	43,89	45,72	47,55	49,38	51,21	53,03
30	54,86	56,69	58,52	60,35	62,18	64,01	65,84	67,66	69,49	71,32
40	73,15	74,98	76,81	78,64	80,47	82,29	84,12	85,95	87,78	89,61
50	91,44	93,27	95,10	96,92	98,75	100,58	102,41	104,24	106,07	107,90
60	109,73	111,55	113,38	115,21	117,04	118,87	120,70	122,53	124,36	126,18
70	128,01	129,84	131,67	133,50	135,33	137,16	138,99	140,82	142,64	144,47
80	146,30	148,13	149,96	151,79	153,62	155,45	157,27	159,10	160,93	162,76
90	164,59	166,42	168,25	170,08	171,90	173,73	175,56	177,39	179,22	181,05

Reduktionstafel zur Verwandlung von Meter in engl. Faden.

Meter	Hundertert									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Tausender	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden
0	0,00	54,68	109,36	164,04	218,73	273,41	328,09	382,77	437,45	492,13
1000	546,82	601,50	656,18	710,86	765,54	820,22	874,91	929,59	984,27	1 038,95
2000	1 093,63	1 148,32	1 203,00	1 257,68	1 312,36	1 367,04	1 421,72	1 476,41	1 531,09	1 585,77
3000	1 640,45	1 695,13	1 749,81	1 804,50	1 859,18	1 913,86	1 968,54	2 023,22	2 077,90	2 132,59
4000	2 187,27	2 241,95	2 296,63	2 351,31	2 405,99	2 460,68	2 515,36	2 570,04	2 624,72	2 679,40
5000	2 734,08	2 788,77	2 843,45	2 898,13	2 952,81	3 007,49	3 062,17	3 116,86	3 171,54	3 226,22
6000	3 280,90	3 335,58	3 390,26	3 444,95	3 499,63	3 554,31	3 608,99	3 663,67	3 718,35	3 773,04
7000	3 827,72	3 882,40	3 937,08	3 991,76	4 046,44	4 101,13	4 155,81	4 210,49	4 265,17	4 319,85
8000	4 374,53	4 429,22	4 483,90	4 538,58	4 593,26	4 647,94	4 702,62	4 757,31	4 811,99	4 866,67
9000	4 921,35	4 976,03	5 030,71	5 085,40	5 140,08	5 194,76	5 249,44	5 304,12	5 358,80	5 413,49
Meter	Einer									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zehner	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden	Faden
0	0,00	0,55	1,09	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92
10	5,47	6,02	6,56	7,11	7,66	8,20	8,75	9,30	9,84	10,39
20	10,94	11,48	12,03	12,58	13,12	13,67	14,22	14,76	15,31	15,86
30	16,40	16,95	17,50	18,04	18,59	19,14	19,69	20,23	20,78	21,33
40	21,87	22,42	22,97	23,51	24,06	24,61	25,15	25,70	26,25	26,79
50	27,34	27,89	28,43	28,98	29,53	30,07	30,62	31,17	31,72	32,26
60	32,81	33,36	33,90	34,45	35,00	35,54	36,09	36,64	37,18	37,73
70	38,28	38,82	39,37	39,92	40,46	41,01	41,56	42,10	42,65	43,20
80	43,75	44,29	44,84	45,39	45,93	46,48	47,03	47,57	48,12	48,67
90	49,21	49,76	50,31	50,85	51,40	51,95	52,49	53,04	53,59	54,13

III. THEIL:

Lithogenesis der Gegenwart.

Beobachtungen über die Bildung der Gesteine
an der heutigen Erdoberfläche.

Einleitung.

Wohin wir unseren Blick wenden, überall sehen wir langsame oder raschere Veränderungen der Erdoberfläche. Beständig wandern anorganische und organische Stoffe von einem Ort zum andern; nirgends ist Ruhe, nirgends ewige Dauer.

Bei diesen unaufhörlichen Wanderungen der Materie bilden sich kleinere oder grössere Anhäufungen einfacher oder gemengter Mineralmassen, welche in vielen Fällen, wie der winterliche Schnee in unseren Breiten, bald wieder zerstört, und in den Kreislauf der Stoffe aufgenommen werden. Unter günstigen Umständen aber bleiben diese Anhäufungen erhalten, und betheiligen sich eine Zeit lang am Aufbau der Erdrinde.

Alle diejenigen einfachen oder gemengten Mineralmassen, welche grössere Zeiträume hindurch Antheil nehmen an dem Gefüge der Erdrinde, nennen wir Gesteine.

Es ist die Aufgabe der Petrographie, das Material, die Struktur, die Lagerung und den geologischen Verband dieser Gesteine zu untersuchen und zu beschreiben, das einzelne Gestein in das petrographische System einzuordnen, seine Stelle in dem stratigraphischen Profil der Erdrinde festzulegen, und die Bedingungen zu erforschen, unter denen es gebildet worden ist. Das zuletzt genannte Problem der Petrographie deckt sich mit einem gleichsinnigen Problem der Erdgeschichte, und von diesem Gesichtspunkt aus gehört die Lehre von der Bildung der Gesteine in den speciellen Kreis unserer Betrachtungen.

Auf drei verschiedenen Wegen können wir uns ein Urtheil bilden, über die Entstehung eines Gesteines vergangener Zeiten. Wir können erstens durch spekulatives Denken nach physikalischen und chemischen Grundsätzen, eine Theorie der Gesteinsbildung aufstellen. Und die ersten Zeiten der Geschichte der Geologie haben zu manchen derartigen Spekulationen Anlass gegeben. Ja bis in die neueste Zeit begegnen wir in der geologischen Literatur solchen Versuchen. Es lässt sich leicht zeigen, dass diese Spekulationen, selbst unter gründlichster Be-

herrschaft von Physik und Chemie, keine Gewähr bieten für die Richtigkeit der dabei gewonnenen Anschauungen.

Dieser Unsicherheit zu entgehen, hat man auf dem Weg des Experimentes die Bildung der Gesteine zu enträthseln versucht. Und da bei physikalischen oder chemischen Studien das Experiment eine endgültige Beweiskraft besitzt, so kann man verstehen, dass viele Geologen geglaubt haben, durch experimentelle Untersuchung auch historische Probleme der Erdgeschichte mit der gleichen Sicherheit lösen zu können. Vielfach hält man unbedenklich jedes geologische Experiment für „exakt“ und beweiskräftig, und fusst in seinen weiteren Schlussfolgerungen auf den durch das Experiment gewonnenen Sätzen. Wir haben schon früher unsere Ansicht dahin ausgesprochen, dass der Ausfall eines Experimentes zwar sichere Beweiskraft besitzt für die speciellen Voraussetzungen und Bedingungen des Versuches; dass man auf Grund eines Experimentes mit vollkommener logischer Sicherheit sagen kann: Die Bedingungen a rufen nothwendig das Resultat b hervor, und ich kann infolgedessen b aus a auch theoretisch ableiten. Aber in der Erdgeschichte kennt man nur das Resultat B, unbekannt ist die Ursache A. Wenn man nachweisen kann, dass b oder B nur auf eine einzige Art, nur durch einen einzigen Vorgang entstehen kann, dann ist die Gleichung $a : b = A : B$ richtig, und das Experiment kann die längst vergangene Ursache einer geologischen Erscheinung enthüllen.

Die einfachste Beobachtung der gegenwärtigen Veränderungen an der Erdoberfläche, ja das physikalische oder chemische Experiment selbst, zeigt uns aber, dass in der Natur dasselbe Resultat durch sehr verschiedene Ursachen bedingt sein kann. Infolgedessen ist aber auch jene Gleichung nicht richtig, und das Experiment kann ebenso wenig wie die theoretische Spekulation als eine immer exakte Methode der Erdgeschichte betrachtet werden.

Unseres Erachtens steht unter den Wegen lithogenetischer Forschung die ontologische Methode an erster Stelle, und das Experiment sollte nur zur Ergänzung und Erweiterung derselben benutzt werden. Freilich ist die ontologische Methode, wie wir in der Einleitung dieses Werkes auseinandergesetzt haben, auch mit Fehlern behaftet, allein sie korrigiren sich leicht durch das nachfolgende Experiment.

Es war ein tiefgreifender Fortschritt, eine gewaltige Veränderung des Inhaltes geologischer Forschung, als DARWIN 1859 zeigte, dass die Fossilien nicht das Produkt eines wiederholten Schöpfungsaktes seien, sondern die Reste von Pflanzen und Thieren, welche abstammten von ähnlichen, aber doch verschieden gestalteten Vorfahren. Seit jener Zeit wurde die Phylogenie der Fossilien ein wichtiger Teil der paläontologischen Arbeit. Während so auf dem Gebiet der Paläontologie die genetische Betrachtungsweise massgebend geworden ist, werden die Gesteine, welche jene Fossilien umhüllen, und mit ihnen gleichalterig sind, meist nur beschrieben, verglichen und systematisch benannt, und ihre Bildungsvorgänge werden nur spekulativ oder experimentell untersucht. Das geologische Auftreten, die vergleichende Anatomie eines Gesteins wird mit grosser Sorgfalt festgestellt, aber seine Vorgeschichte, seine Ahnenreihe bleibt in Dunkel gehüllt. Aus dem stets gefälligen Urozean scheiden sich in buntem Wechsel: Schiefer und Kalke, Sandsteine und

Mergel ab; die Sedimente fallen wie Schneeflocken aus heiterem Himmel zum Boden des Meeres hinal; und wenn man die moderne Petrogenie historisch betrachtet, so tritt uns vielfach der Einfluss neptunistischer Anschauungen wie ein veraltetes Erbstück des vorigen Jahrhunderts entgegen.

Unsere modernen Anschauungen über die Bildung der Vulkane und der vulkanischen Gesteine fassen auf POULETT SCROPE, der im Jahre 1825 seine *Considerations on Volcanos* veröffentlichte. Und wenn wir uns fragen, worin liegt denn der Werth und die einflussreiche Bedeutung dieses Werkes, so müssen wir antworten: in der sorgfältigen Beobachtung recenter vulkanischer Erscheinungen, in der korrekten Anwendung der ontologischen Methode. Auch auf anderen Gebieten fehlt es nicht an Versuchen, die recente Bildung von Ablagerungen und Gesteinen nach den Grundsätzen der ontologischen Methode zu studieren. Ein reiches Material ist in der geologischen und noch mehr in der ozeanographischen und geographischen Literatur verstreut. Ueberall begegnet man dem lebhaftesten Interesse für derartige Studien, und so scheint es ein dankbares Unternehmen, diese einzelnen Arbeiten zu einem Gesamtbild zu vereinigen, und an charakteristischen Beispielen das Wesen der Gesteinsbildung auf der gegenwärtigen Erdoberfläche zu behandeln.

Wenn man mit dem Worte Petrogenie die experimentelle Untersuchung der Gesteinsbildung zu bezeichnen pflegt, so wollen wir die ontologische Forschung auf diesem Gebiet Lithogenie oder Lithogenesis nennen¹⁾, und ihre Aufgabe folgendermassen bestimmen: Die Lithogenie hat die Entstehung der fossilen Gesteine durch Untersuchung der recenten gesteinsbildenden Vorgänge zu erforschen.

Die Methode der ontologischen Forschung ist in der Botanik und der Zoologie die allgemein anerkannte; und die Ontogenie, oder individuelle Entwicklungsgeschichte hat in diesen Wissenschaften eine hohe Ausbildung erreicht. Wir wollen in diesem Buche versuchen, die in jenen Disciplinen geltenden Grundsätze, Betrachtungen und Unterscheidungen auch auf die Gesteinslehre anzuwenden, und damit jene Harmonie in der Stellung der sogenannten drei beschreibenden Naturwissenschaften, welche eine Zeit lang gestört war, wieder herzustellen versuchen. Wir wollen die Gesichtspunkte der Entwicklungstheorie und der Selektionslehre auf ein Gebiet anwenden, das bisher vornehmlich descriptiv behandelt worden ist.

Der Zoologe unterscheidet schon im Ausdruck den Typus des fertigen Thieres von den wechselnden Stadien jugendlicher Entwicklung, indem er die letzteren als Embryonen oder Larven bezeichnet. Die Ontogenie der Thiere beschäftigt sich demgemäss mit der Bildung und Umbildung der thierischen Embryonen.

Auch wir müssen diesen Unterschied zwischen den früheren Entwicklungsstadien und dem späteren fertigen Typus bei unseren litho-

1) Da man oftmals die experimentellen und petrogenetischen Studien über die Entstehung der Urgesteine speciell als „Bildung der Gesteine“ bezeichnet, so wähle ich, um in der Richtung meiner Aufgabe nicht missverstanden zu werden, auf den Rath von Prof. P. GROTH die Ueberschrift: Lithogenesis.

genetischen Untersuchungen aufrecht erhalten. Und wenn wir die Mineralmassen, welche als vollendetes Gebilde am Aufbau der Erdrinde theilnehmen, Gesteine nennen, so werden wir die sich bildenden Gesteine als Ablagerungen bezeichnen.

Ablagerungen sind die Sedimente, welche vom Dünensand des Litorals bis zu dem Rothen Thon der Tiefsee, den Boden des Ozeans bedecken; Ablagerungen sind die Korallenriffe, welche in mehr oder minder grosser Mächtigkeit als ungeschichtete Kalkmassen submarine Klippen überziehen; Ablagerungen sind die vulkanischen Aschen, welche die Gehänge eruptiver Archipele überkleiden; Ablagerungen sind die kohlgigen Substanzen, welche in festländischen Sümpfen entstehen; Ablagerungen sind die Salzschiechten, welche durch das Verdunsten des Jordanwassers im Todten Meere abgeschieden werden; Ablagerungen sind die Guanomassen, die sich auf regenarmen Inseln bilden; Ablagerungen sind die Lavaströme, ebenso wie die Trümmerhalden der Bergstürze, oder die Travertinkalke der Wasserfälle von Tivoli.

Damit ist auch die Aufgabe dieses Buches folgendermassen bestimmt: Die Lithogenie untersucht und beschreibt die Ablagerungen der Gegenwart, und studirt die Umstände ihrer Bildung.

Jeder Theil der, unserer Beobachtung zugänglichen, Erdrinde hat sich einmal an der einstigen Oberfläche unseres Planeten befunden. Wir müssen einschränkend erwähnen, dass dieser Satz auf die Gangbildungen, auf Ablagerungen in Höhlen, und auf intrusive Lavamassen nicht angewandt werden kann. Aber mögen wir eine Kalkbank, oder eine Lavadecke, eine Sandstein- oder eine Tuffschicht vor uns haben, jede dieser Bildungen befand sich einmal an der Oberfläche der Lithosphäre, sei es am Boden des Luftmeeres, sei es am Grunde des Ozeans.

Daraus folgt, dass wir jeden Abschnitt der Erdgeschichte, jede geologische Formation, nach den Oberflächenerscheinungen der heutigen Erde, als einstige Oberfläche unseres Planeten beurtheilen müssen.

Vor unseren Augen können wir beobachten, dass die grössten kosmischen Erscheinungen, vulkanische Eruptionen, der Orkan, welcher einen Wald vernichtet, ebenso wie der Bergsturz, der in einem abgelegenen Alpenthal einen See aufdämmt, dass dies Alles seine Spur den gleichzeitig gebildeten Ablagerungen aufprägt. Wenn wir verständen, diese Hieroglyphen zu lesen, wenn wir die Zusammenhänge aller aktuellen lithogenetischen Vorgänge durchschauten, wenn wir eine genaue Phänomenologie der Gesteine besässen, so könnten wir selbst ohne Fossilien, aus den Gesteinen der Erdrinde die ganze Erdgeschichte herauslesen. Bisher hat man für erdgeschichtliche Studien fast ausschliesslich die Fossilien benutzt, und denselben einen so hohen diagnostischen Werth beigemessen, dass die Erdgeschichte eigentlich wesentlich eine Geschichte der versteinierungsfähigen Organismen wurde. Unsere geologischen Karten stellen thiergeographische Provinzen dar, die Grenzen der Festländer erschliessen wir aus dem Mangel fossilhaltiger Gesteine; und die Felsarten, in denen jene Fossilien enthalten sind, haben dabei immer mehr ihren Werth verloren. Es liegt mir ferne, die Bedeutung der Organismenreste für erdgeschichtliche Studien

zu verkleinern, und ich hoffe, dass die Benutzung der beiden ersten Theile dieses Werkes die Beweiskraft der Fossilien nur noch erhöht, und ihre Bedeutung für erdgeschichtliche Studien steigert.

Aber ein reiches, wenig benutztes Thatachenmaterial für die historische Geologie ist in den Gesteinen uns aufbewahrt. Haben wir bisher, um einen oft gebrauchten Vergleich zu benutzen, nur die Münzen gesammelt, welche wir in alten Scherbenhügeln finden, und nach diesen „Medaillen der Schöpfung“ die Vorgeschichte zu ergründen versucht, so möchte ich in diesem Buche die Fachgenossen anregen, auch den Schutt selbst zu prüfen, aus denen wir die Münzen herauslesen. Wir wollen nicht allein nach den Fundamenten alter Städte suchen und ihren Grundriss aufnehmen, nein wir wollen die Kulturgeschichte längst vergangener Zeiten aus dem Baumaterial der Städte, den Bausteinen, dem Mörtel und den Bauhölzern, die Handelsbeziehungen und Handelswege ihrer Bewohner, ihre Sitten, ihre Kriege und ihren Untergang ergründen. Die Münzen allein können uns nicht das Alles lehren, sie geben uns nur eine unvollkommene Skizze, nicht ein Gemälde der Vorzeit.

Beständig verändert die Erde ihre Stellung im Sonnensystem, beständig verändert sich die Vertheilung der Masse, beständig auch verändern sich die Eigenschaften jedes Theilchens, das sich am Aufbau des Erdballs betheiligt. Die gegenwärtigen Eigenschaften der der Erdrinde zusammensetzenden Gesteine sind also das Resultat physikalischer und chemischer Veränderungen, welche vor langen Zeiträumen begannen, und die heute noch nicht abgeschlossen sind. Da nun jede physikalische oder chemische Veränderung auch die Eigenschaften eines Gesteines jedesmal ändert, so wird im Allgemeinen ein Gestein umso mehr nachträglich erworbene Eigenschaften zeigen, je älter es ist. Indem wir also in der Reihe der aufeinander liegenden geologischen Formationen von den recen ten Bildungen der Gegenwart immer tiefer in die Schichten der Erdrinde eindringen, und dabei immer älteren Gesteinen begegnen, werden wir zugleich immer fremdartigere, schwerer erklär bare Eigenschaften an diesen Gesteinen beobachten können.

Die petrogenetische Forschung hat nun vielfach ihre Arbeit mit jenen ältesten Gesteinen, mit dem Grundgebirge begonnen. Man hat die Entstehung der krystallinischen Schiefer zu enträthseln versucht, ohne vorher die Entstehung jüngerer, weniger veränderter Gesteine zu untersuchen. Indem man viel Mühe und viel Arbeit auf das schwierigste Problem der Lithogenie verwandte, ehe man leichtere, einfachere Aufgaben gelöst hatte, musste nothgedrungen die geistvolle Spekulation an Stelle methodischer Beweisführung treten, und ein Theil der Arbeit war vergeblich.

Der Weg der exakten Lithogenie führt vom Bekannten zum weniger Bekannten, von den einfachen Erscheinungen der Gegenwart zu den verwickelten Phänomenen der Vorzeit. Es ist eine Verschwendung von Kraft und Zeit, wenn man die Entstehung des Urgebirges zu erklären sucht, ehe man die Entstehung der jüngeren Gesteine endgiltig enträthsel hat. Ich bin weit davon entfernt zu glauben, dass die bisherigen diesbezüglichen Untersuchungen, dass die in diesem

Buch zusammengestellten Thatsachen genügen, um die Bildung jedes beliebigen fossilen Gesteines zu erklären, allein ebenso fest bin ich davon überzeugt, dass auf dem Gebiet der Lithogenie die ontologische Methode ungeahnte Aufschlüsse bringen wird.

In diesem Buche biete ich den Anfang einer Arbeit, deren Vollendung einer fernen Zukunft überlassen bleiben muss, — die Kraft des Einzelnen ist schwach, nur gemeinsame Arbeit führt zum Ziele.

Wir gliedern unseren Stoff in drei aufeinanderfolgende Theile. Der erste Theil umfasst die Allgemeine Lithogenie. Wir werden darin zu zeigen haben, dass der Process der Gesteinsbildung in sieben aufeinanderfolgende Stadien zerfällt. Dieselben folgen nicht immer alle aufeinander; bald beginnt der lithogenetische Vorgang mit dem ersten, bald mit dem dritten, bald mit dem fünften Stadium, und nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen, lassen sich alle sieben nachweisen. Ohne auf die geographische Verbreitung der einzelnen lithogenetischen Vorgänge näher einzugehen, werden wir an einer Anzahl von Beispielen, ihre Umstände und Begleiterscheinungen schildern, und die Principien der Gesteinsbildung erläutern. Wir werden zu zeigen haben, dass durch diese lithogenetischen Vorgänge vier verschiedene Arten von Gesteinen entstehen, die wir in der Gegenwart als:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1) mechanische Ablagerungen, | |
| 2) chemische | " |
| 3) organische | " |
| 4) vulkanische | " unterscheiden werden. |

Auf der gegenwärtigen Erdoberfläche beobachten wir nur die Entstehung dieser vier Arten von Ablagerungen. Sei es, dass vulkanisches Material aus einem Vulkanschlot hervordringt; sei es, dass ein Gebirgsbach Schotter oder Sand absetzt; sei es, dass durch wachsende Moose ein Moorlager gebildet wird oder durch das Wachsthum von Korallenthieren Kalklager am Meeresgrunde entstehen — gemeinsam ist allen diesen Vorgängen die Thatsache, dass auf der Erdoberfläche Substanz aufgelagert, und dadurch der Abstand zwischen Erdmittelpunkt und Peripherie verlängert wird. Wir brauchen also das Wort Ablagerung in diesem weitesten Sinne, und suchen zuerst die Herkunft des abzulagernden Materials, dann den Transport desselben und endlich die Auflagerungsweise zu schildern.

Aber zwischen einer frischgebildeten Ablagerung und dem fertigen Gestein, das uns in der Erdrinde begegnet, existiren mancherlei Unterschiede, welche wesentlich darin bestehen, dass die abgelagerte Gesteinsmasse nachträgliche Veränderungen erleidet, und zu ihren ursprünglichen Eigenschaften noch accessorische Charaktere erhält. Es wird daher unsere weitere Aufgabe sein, diese nachträglichen Umwandlungsvorgänge der Ablagerung, die Versteinerung derselben zu verfolgen, und an der Hand aktueller Erscheinungen und experimenteller Untersuchung zu erkennen, welche Eigenschaften eines fertigen Gesteins secundär erworben sein können.

Nachdem wir auf diese Weise in dem ersten Theil die principiellen Typen lithogenetischer Vorgänge und den Verlauf der Gesteinsbildung

von ihren Anfängen bis zu den letzten Metamorphosen besprochen haben, schildern wir in einem zweiten Theil die Faciesbezirke der Gegenwart. In den einleitenden Abschnitten haben wir schon darauf hingewiesen, dass von den Gesteinen die im Laufe der Erdgeschichte gebildet worden sind, ein grosser Theil wieder zerstört worden ist. Diese Lücken der geologischen Urkunde können wir nur dann überwinden, wenn wir wissen, welche Gesteine heutzutage neben- und miteinander gebildet werden. Das Studium der genetisch und geographisch zusammengehörigen Ablagerungen der Gegenwart kann uns allein zeigen, welche Gesteine verschwunden sind? Das räumliche Verhältniss gleichzeitig gebildeter Facies lehrt uns die Faciesbeziehungen fossiler Ablagerungen verstehen, und wird unsere Auffassung der stratigraphischen Verhältnisse beeinflussen. Wir werden also in dem zweiten Theil die verschiedenen Facies der Gegenwart schildern, die Ablagerungen des Festlandes, der Binnenseen, des Meeresbodens beschreiben, und auf ihre genetischen Beziehungen aufmerksam machen. Es wird unser Bestreben sein, hierbei besonders den Einfluss der Organismen auf die Vorgänge der Gesteinsbildung in das rechte Licht zu setzen.

Endlich werden wir in einem dritten Theil die Grundlinien einer vergleichenden Lithologie festzustellen, und an der Hand genetischer Principien einige allgemeine Probleme der Gesteinsbildung zu besprechen haben. Die paläontologische Beschreibung der Versteinerungen hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer Genealogie der ausgestorbenen und lebenden Organismenwelt erweitert. Rasch hat man sich daran gewöhnt, jedes Fossil im Rahmen der Stammesgeschichte zu beurtheilen und die Forschung ist dadurch in neue erfolgreiche Bahnen gelenkt worden. Die königliche Methode der vergleichenden Anatomie hat reiche Früchte getragen, und die Erdgeschichte ist dabei nachhaltig gefördert worden.

Auch die Gesteine können genetisch vergleichend betrachtet werden. Neben der petrographischen Beschreibung des einzelnen Gesteins verdient die lithogenetische Diskussion desselben eine besondere Berücksichtigung. Die Gesteine haben, genau wie die Organismen, eine Geschichte gehabt, und so wie die einzelnen Thiergenossenschaften im Laufe der geologischen Vergangenheit ausgedehnte Migrationen unternommen haben, wie die verschiedenen Lebensbezirke ihren Ort wechselten, so haben auch die Regionen der Gesteinsbildung mannichfaltige Wanderungen ausgeführt, und es ist ein schönes Ziel geologischer Arbeit, diese Wanderungen der Facies durch übereinanderliegende Formationen zu verfolgen.

Die Stammesgeschichte der Thiere wird erforscht auf den verschiedenen Wegen: der Paläontologie, der Embryologie und der Vergleichenden Anatomie. Auch die Stammesgeschichte der Gesteine muss von verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Der paläontologischen Betrachtungsweise dort, entspricht hier die Petrographie und Stratigraphie, der Embryologie entspricht die Entwicklungsge-
schichte der Gesteine in der Gegenwart, und die Methoden der Vergleichenden Anatomie lassen sich ebenfalls auf das Gebiet der Gesteinsbildung übertragen. Wir werden zu unterscheiden haben zwischen

homologen Gesteine, die den gleichen Ursprung besitzen, aber oftmals verschiedene Eigenschaften haben, und analogen Gesteinen, deren Entstehung eine grundsätzlich verschiedene ist, obwohl sie in wesentlichen Charakteren übereinstimmen. Wir wollen sodann einige Gesichtspunkte der Descendenz und Selektionslehre auf die Gesteinsbildung anwenden und hoffen, dass der Gedankengang von DARWIN auch in der Lithologie neue Forschungsbahnen eröffnet.

A. Allgemeine Lithogenie.

1. Die Stadien des gesteinsbildenden Vorganges.

Wir haben es als die Aufgabe der Geologie bezeichnet, die Gesteine, welche die Erdrinde aufbauen, nach Zusammensetzung, Lagerung und Fossilgehalt zu beschreiben, die Aufeinanderfolge der Gesteinschichten und der darin enthaltenen Fossilien zu ordnen, und die gegenwärtige Beschaffenheit der Erdrinde geschichtlich zu erklären.

Nur ein kleiner Theil der Erdrinde ist unserer Beobachtung zugänglich. Das 1748 m tiefe Bohrloch von Schladebach würde auf einem Globus von Manneshöhe $\frac{1}{4}$ mm tief sein; alle unsere Anschauungen über die Beschaffenheit des übrigen Erdkörpers beruhen auf mehr oder minder hypothetischen Schlüssen. Weil die durch Beobachtung untersuchte Oberflächenschicht der Erdrinde ausnahmslos aus mehr oder minder festen Gesteinen besteht, bezeichnen wir dieselbe als Lithosphäre.

Um diese Kruste fester Gesteine schlingt sich ein dünner, vielfach unterbrochener Wassermantel. $\frac{5}{8}$ der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt, und die mittlere Tiefe dieses Weltmeeres beträgt 3440 m. Auf einem Globus von der Höhe eines erwachsenen Mannes würde also diese Hydrosphäre ein $\frac{1}{2}$ mm dünnes Häutchen sein.

Ein grosser Teil der Lithosphäre wird aber noch von einer anderen Hülle umgeben, welche sich aus den Kolonien gesellig lebender Pflanzen und Thiere zusammensetzt. Rasendecken und Wälder, Tangwiesen und Korallenriffe, bilden einen lückenvollen Mantel organischen Lebens um die Erde, den wir als Biosphäre¹⁾ bezeichnen. Die Grenzen der Biosphäre fallen nicht zusammen mit denen der Hydrosphäre, denn auf dem Festland sind die Polargebiete und die Wüsten pflanzenlos und thierarm, während andererseits am Meeresgrunde das diaphane Gebiet häufig mit organischem Leben ununterbrochen bedeckt ist.

1) SUSS, Entstehung der Alpen, S. 159.

Eine dritte Hülle, das Luftmeer oder die Atmosphäre, umgiebt allseitig den Erdball, und übt mit einer Schaar leistungsfähiger Kräfte einen umgestaltenden Einfluss auf die Oberfläche der Lithosphäre aus. Es ist leicht einzuziehen, dass die Wirkungsweise und die Intensität der atmosphärischen Faktoren durch die beiden Hüllen, welche sich zwischen Lithosphäre und Atmosphäre einschieben, sehr wesentlich beeinflusst werden. Während in den wasserarmen und vegetationslosen Wüstengebieten die zerstörende Kraft der Atmosphärrilien eine überaus starke ist, werden die von dichtem Urwald überzogenen Flächen der Erdrinde, ebenso wie die Tiefengründe des Ozeans durch organische und hydrographische Decken so geschützt, dass die zerstörende und abtragende Thätigkeit von Sonne und Regen, Frost und Wind sehr wesentlich eingeschränkt wird. Und da die Hydrosphäre ebenso wie die Biosphäre geographisch scharf umschriebene Gebiete der Erdrinde bedecken, andere entblößen, so lässt sich auch die Wirkungsweise der Atmosphärrilien auf die Lithosphäre in bestimmte Regionen einteilen, und nach verschiedenen Typen geographisch beschreiben. Es wird dies die Aufgabe der zweiten Abtheilung dieses Buches sein.

Hier wollen wir vorerst noch absehen von den verschiedenartigen, geographisch wechselnden, Verhältnissen der Veränderungen auf der Lithosphäre, wollen vielmehr mit einigen einleitenden Worten auf die allgemeineren Charaktere jener Vorgänge eingehen, und das hervorheben, was allen jenen Processen gemeinsam ist.

Durch die Einwirkung physikalischer, chemischer und organischer Kräfte wandert die Materie beständig an der Erdoberfläche von einem Ort zum anderen. Hier werden Mineralmassen abgetragen, dort werden sie aufgeschüttet, und durch eine Fülle wechselnder Vorgänge wird die Aussenscite der Lithosphäre unaufhörlich verändert.

Pflanzen wachsen und vergehen, Thiere werden geboren und sterben, Gesteine bilden sich und werden wieder zerstört. Und bei diesen beständigen Veränderungen in der Form und dem Charakter der Erdoberfläche ist es doch immer dieselbe Materie, sind es dieselben Atome, welche bald als Lava dem Schoosse der Erde entsteigen, bald im Flusswasser gelöst dahinrauschen, im Meere durch Organismen in den Kreislauf des Lebens einführt und durch den Tod wieder dem anorganischen Reiche zurückgegeben werden. Der Meeresboden mit seinen junggebildeten Ablagerungen wird Festland, Pflanzen siedeln sich darauf an, bringen die mineralischen Bodenbestandtheile wieder in die Reihe organischer Veränderungen, die Pflanzen dienen den Thieren zur Nahrung — und so wandert in ruhelosem Wechsel dasselbe Atom von Ort zu Ort, und seiner Wanderung ist nirgends ein Ziel gesetzt.

Alle diejenigen Mineralmassen, welche bei diesen beständigen Veränderungen an der Erdoberfläche lokal angehäuft werden und eine Zeit lang erhalten bleiben, nennen wir Gesteine. Und so finden wir überall auf der Erdoberfläche gesteinsbildende Vorgänge in Thätigkeit, und können nebeneinander vor unseren Augen die verschiedensten Gesteine entstehen sehen. Es soll die Aufgabe dieses Buches sein, den gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche so zu schildern, als ob plötzlich die weitere Veränderung und Umbildung der entstehenden Gesteine unterbrochen, alle gesteinsbildenden Prozesse sistirt würden, als

ob momentan die ganze Erdoberfläche versteinern könnte, und einem künftigen Geologen als Untersuchungsobjekt vorgelegt würde.

Manche dieser Veränderungen wirken rasch und augenfällig. Der Bergsturz, der in wenigen Minuten blühende Gefilde mit gewaltigen Steinblöcken bedeckt, die Sturmflut, die am Meeresufer ein Stück des Landes nach dem anderen abreisst, das Erdbeben, das Tausende von Menschen unter den Trümmern ihrer Häuser begräbt, sind natürliche Vorgänge, welche in kurzer Zeit die Zustände der Erdoberfläche so umgestalten, dass auch das ungeübte Auge ihre Wirkung nicht verkennen möchte. Viele natürliche Veränderungen der Erdoberfläche wirken aber in Zeiträumen, welche die Länge eines Menschenlebens bedeutend übersteigen, und hier bedarf es eines geschulten Blickes, um die säkularen Wirkungen schwacher Kräfte deutlich zu sehen. An der gegenwärtigen Erdoberfläche werden wir daher leicht das Nebeneinander geologischer Veränderungen erkennen können, während das Nacheinander dieser selben Vorgänge schwer zu verfolgen ist.

Auch sind viele der Veränderungen, welche wir vor unseren Augen beobachten, so vorübergehend, dass sie keine dauernde Spur an der Oberfläche unseres Planeten hinterlassen. Wenn in unseren Breiten während des Winters auch eine meterhohe Schneedecke den Erdboden verhüllt, so thaut doch die Wärme des Sommers auch den letzten Rest derselben hinweg, und kein Merkmal erinnert uns dann, wie verschieden die betreffende Landschaft im Winter ausgesehen hat. Am Ufer des Roten Meeres dampft die glühende Sonne während der Ebbe gar manchen Tümpel Seewasser ein, und erzeugt eine dünne Salzkruste. Aber mit der wiederkehrenden Fluth werden die Salze wieder aufgelöst, und kein Salzgestein bleibt zurück. Die grossen Büffelheerden, welche die Prärien Nordamerikas belebten, sind im Laufe weniger Jahrzehnte so vollständig verschwunden, dass kaum ein Paar gebleichter Knochen zurückgeblieben sind. Obwohl, Jahr aus Jahr ein, in jedem Herbst eine dicke Laubdecke den Boden unserer Wälder überschüttet, so häuft sich diese Cellulose doch nicht zu Kohlenlagern an, sondern der grösste Teil verwest, und wird als Gas dem Luftmeer wieder zugeführt. Alle diese so augenfälligen Veränderungen der Erdoberfläche hinterlassen also in der Regel keine bleibenden Spuren. Da nun die historische Geologie nur solche Vorgänge der Vergangenheit zu untersuchen vermag, von welchen dauernde Spuren uns in den Erdschichten aufbewahrt blieben, so muss es unsere Aufgabe sein: in dem beständigen Wechsel der Gegenwart besonders diejenigen Vorgänge zu untersuchen, welche in den Schichten der Lithosphäre wiedererkannt werden können.

Und wenn wir es als die Aufgabe der Erdgeschichte bezeichnen dürfen: für jeden bestimmten Abschnitt der Vorzeit die anorganischen und organischen Zustände der Erdoberfläche so zu schildern, wie der Geograph den gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche beschreibt, so müssen wir ergänzend hinzufügen, dass nur diejenigen Veränderungen in den Kreis unserer Betrachtungen gehören, welche dauernde Massenverschiebungen verursachen, und eine nachhaltige Wirkung ausüben. Aus dem Inneren der Erde brechen vulkanische Laven und Aschen hervor, und häufen sich als Vulkankegel um den Eruptivschlund herum auf. Im Hochgebirge und im Polargebiet bleibt der fallende Schnee

liegen und wird zu gewaltigen Eismassen verdichtet, welche langsam herabgleitend ihre Bahn mit Gletscherkritzen bedecken. Fließendes Wasser schneidet sich tiefe Thlrinnen in den Felsen, und häuft in den Niederungen mächtige Schuttmassen auf. Am Ufer des Meeres weht der Wind kleine Sandkörnchen zur hohen Düne und indem dieselbe landeinwärts wandert, überdeckt sie fruchtbaren Marschboden mit verderblichem Flugsand. Kleine Korallenthiere wachsen am Meeresgrunde zu hohen Kalkfelsen, und reichgegliederten Inselarchipeln heran. Zarte Moose und Algen bilden an kalkhaltigen Quellmündungen grosse Lager von Kalksinter, und Muschelbänke werden am Meeresboden in weiter Erstreckung aufgebaut.

Wenn wir alle diese verschiedenartigen Umgestaltungen der Lithosphäre vergleichend betrachten, und die wesentlichen, auf einanderfolgenden Stadien derselben herausheben wollen, so können wir 7 verschiedene Entwicklungsphasen¹⁾ der Gesteinsbildung verzeichnen:

- 1) Verwitterung
- 2) Ablation
- 3) Transport
- 4) Corrasion
- 5) Auflagerung
- 6) Diagenese
- 7) Metamorphose.

Nicht immer folgen alle diese Phasen aufeinander. Der gesteinsbildende Vorgang kann mit der Verwitterung sein Ende erreichen (cumulative Verwitterung), er kann mit dem Transport beginnen (vulkanische Lava) und mit der Auflagerung enden, oder er kann mit der Auflagerung seinen Anfang nehmen (Korallenkalk) und mit diagenetischen Umwandlungen (in Dolomit) beschlossen werden; aber oftmals können wir alle angeführten Stadien nach einander verfolgen. Wenn wir z. B. die lithogenetischen Vorgänge bei der Bildung eines Dachschiefers verfolgen, so wurde zuerst ein älteres Gestein durch Verwitterung zerstört. Der Verwitterungsschutt wurde transportirt, und wieder abgelagert, die schlammige Masse wurde durch Diagenese verkittet und endlich durch den Gebirgsdruck geschiefert.

Betrachten wir zuerst in kurzen Zügen die einzelnen lithogenetischen Phasen.

Unter Verwitterung verstehen wir diejenige Lockerung und Zerstörung der Erdoberfläche, welche durch die Atmosphäre, die Hydrosphäre, und die Biosphäre hervorgerufen wird. Durch chemische und physikalische Kräfte werden selbst Granitfelsen in sandigen Lehm oder knetbaren Laterit, in groben Grus, oder feinen Wüstensand verwandelt. In Brasilien²⁾ ist der Gneiss 120 m³⁾ tief vollkommen zersetzt; an den Abhängen des Himalaja gegen die bengalische Ebene sieht man haushohe Eisenbahndurchschnitte in thonig zersetzten krystallinischen Schiefen. In der Sinaiwüste zerfällt der chemisch kaum

1) Mit Benutzung von GILBERT, Americ. Journal 1876, XII., S. 88 und v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende 1886, II. Abtheilung.

2) ORVILLE A. DERRY, Americ. Journal 1884, S. 138.

3) Bei den folgenden Zahlenangaben werden in runder Summe 1 Zoll = 3 cm, 3 Fuss = 1 m, 1 engl. Meile = 2 km umgerechnet, sofern nicht genauere Zahlenangaben nöthig erschienen.

veränderte Granit zu einem Hanfwerk lockeren Gruses, und in unserem Klima ist fast kein Stein wetterbeständig. Der gesteinsbildende Vorgang kann mit der Verwitterung abschliessen; man spricht von cumulativer Verwitterung, wenn das zersetzte Gesteinsmaterial an Ort und Stelle liegen bleibt. An anderen Orten gleitet der Gehängeschutt unter dem Einfluss der Schwerkraft langsam zu Thal. In der Regel aber finden sich besondere Transportkräfte ein, die das verwitterte, leicht bewegliche Material aufheben und davon tragen. Diese abhebende Thätigkeit von Wasser, Wind und Eis bezeichnen wir im Allgemeinen als Ablation.

Die Abräumung des verwitterten und gelockerten Materials ist in ihrer Stärke beeinflusst durch die Masse des vorhandenen Schuttes und die Intensität der denudirenden Kräfte, sie wird modificirt durch die geographische Verbreitung der Hydrosphäre und der Biosphäre.

Untrennbar verknüpft mit der Ablation sehen wir den Transport des Gesteinsmaterials. Durch fließendes Wasser, durch den Wind, durch Gletschereis und durch die Meereswellen, werden überall gelockerte Massen verfrachtet. Man braucht nur an einem Regentag die braunen schlammigen Fluthen eines Baches zu betrachten, um zu erkennen, welche Masse von Verwitterungsschutt durch fließendes Regenwasser transportirt wird. Oder man muss nur die Moränenzüge eines alpinen Gletschers sehen, um die wirksame Transportkraft des fließenden Eises zu verfolgen. Die berühmten Staubwinde Indiens und Chinas, die Sandwinde der Sahara, sind nichts anders als die Transportkraft eines regenarmen Klimas; und die zerstörende Thätigkeit der brandenden Meereswelle, die röthlichen Fluthen, welche das Congowasser noch 400 km von seiner Mündung entfernt im offenen Meere erkennen lassen, sind die Symptome der transportirenden Thätigkeit des Ozeans.

Bei der Bildung vulkanischer Gesteine beginnt der lithogenetische Vorgang an der Erdoberfläche mit dem Transport. Aus den Tiefen der Vulkanspalte dringt das Magma empor, und wenn es an die Erdoberfläche und damit in den Kreis unserer Betrachtungen gelangt, so wird es nach den Gesetzen der Schwerkraft transportirt, genau wie eine Lawine, wie ein Bergsturz oder wie der Schlammstrom, der im Jahre 1838 die Gehänge der Dent du Midi verwüstete.

Als eine Begleiterscheinung des Transportes müssen wir die Corrasion bezeichnen. In der Regel dienen die Gesteinsfragmente, welche durch transportirende Kräfte aufgehoben und verfrachtet werden, zu gleicher Zeit dazu, das Bett des dahinrauschenden Flusses, den Untergrund des gleitenden Gletschers, die Steinfläche über welche der Sandwind hinwegschreitet, oder die Küstenfelsen, welche der Brandung zugänglich sind, zu reiben, zu kritzen, zu schleifen und zu schrammen. So unbedeutend an sich der Massenverlust der Lithosphäre durch derartige abwetzensartige Vorgänge ist, so werthvoll werden die dabei erzeugten Schliffflächen für den Geologen. Denn die Corrasionserscheinungen des Gletschereises lassen sich von denen des Wassers oder des Flugsandes sehr leicht unterscheiden, und geben damit überaus wichtige diagnostische Merkmale für die Art der Transportkräfte ab.

Nachdem das Gesteinsmaterial verwitterte, abgehoben und verfrachtet worden ist, wird es an einem dritten Orte wieder abgelagert. Wir bezeichnen diesen Vorgang als Auflagerung. Die Auflagerung

ist verschieden, je nachdem sie am Boden des Meeres, unter einer staubfangenden Rasendecke, oder in den vegetationsfreien Sandwüsten Afrikas erfolgt. Die Auflagerung chemisch abgeschiedener Salze am Grunde des Eltonsees ist eine andere, als die Auflagerung eines Aschenregens am Vesuvabhang, oder die Auflagerung der durch stockbildende Thiere gebildeten Kalke eines Korallenriffes. Jedenfalls wird in allen diesen Fällen nach den Gesetzen der Schwerkraft die Erdoberfläche durch eine aufgelagerte Mineralmasse verdickt. Kein Gebiet der Erde ist frei von frisch aufbereiteten Ablagerungen, und von den Schutthalden im Hochgebirge bis zum Rothen Thon der Tiefsee, von den Sintern des Yellowstone-Parkes bis zu den Mooren der Tundra, von den Lösslagern Chinas bis zu den Lavadecken Islands können wir die Auflagerung frisch gebildeter Gesteine überall auf der Lithosphäre beobachten.

Nachdem eine Ablagerung, geschichtet oder ungeschichtet, in dünnen oder dicken Bänken, aufgelagert worden ist, verändert sie in der Regel ihre Lage nicht mehr. Dagegen vollziehen sich in ihrem Innern physikalische und chemische Veränderungen, die wir, wenn sie nicht durch vulkanische Hitze oder Gebirgsdruck hervorgerufen werden, als Metasomatose oder Diagenese bezeichnen. Man könnte auch das Wort „Versteinen“ dafür anwenden, denn während der Diagenese erfolgt die Umwandlung der Ablagerung in ein Gestein. Die diagenetischen Vorgänge sind überaus mannichfaltiger Art. Viele Gesteine unterliegen nicht der Diagenese. Manche fossile Korallenkalke zeigen keinerlei Abweichungen von den entsprechenden Ablagerungen recenter Korallenriffe. Selbst das Salz ist am Rothen Meer häufig noch in ihren Poren vorhanden. Dichte Lava bleibt oft unverändert, so wie sie aus dem Vulkan herausgedrungen ist. In der Mehrzahl der Fälle aber werden die Ablagerungen härter, dichter; Cement lagert sich zwischen den Fragmenten ab, Regenwasser wäscht das Seesalz aus den Poren; es bilden sich Verdichtungen und Concretionen; die Blasenräume eines Lavastromes werden mit Zeolithen ausgefüllt; Korallenkalk wird in Dolomit verwandelt, lockere vulkanische Asche in harten Tuffstein.

Endlich tritt als letzter Vorgang der Gesteinsbildung die Metamorphose auf. Durch die Einwirkung geothermischer oder vulkanischer Hitze, durch heisse Quellen oder Fumarolendämpfe werden die Gesteine in ihrem physikalischen Gefüge und ihrer chemischen Zusammensetzung verändert. Der Gebirgsdruck macht sich geltend, schieft die Gesteinsmasse, erzeugt Klüfte und Gangspalten, begünstigt die Ausbildung neuer Mineralien, und verändert das Aussehen des Gesteins so gründlich, dass nur durch lange vergleichende Untersuchung die ursprünglichen Eigenschaften von den nachträglich erworbenen unterschieden werden können.

Wir werden diese einzelnen Phasen gesteinsbildender Vorgänge noch genauer und eingehender zu besprechen haben. Um so nothwendiger erscheint es uns aber, nochmals darauf hinzuweisen, dass nur in gewissen Fällen alle sieben Stadien aufeinander folgen, während in der Regel die Entwicklung eines Gesteins nur einzelne der genannten Stufen durchschreitet, andere auslässt, oder überspringt.

2. Denudation und Auflagerung.

Das Material, welches auf der Erdoberfläche zur Ablagerung gelangt, hat eine sehr verschiedenartige Herkunft. Kosmischer Staub und Meteoriten fallen aus dem Weltenraum herab, vulkanische Lava dringt aus den Tiefen der Erde empor, klastische Sedimente entstehen aus der Zerstörung schon vorhandener Felsarten, chemische Niederschläge bilden sich in eindampfenden Becken, und durch Thiere und Pflanzen werden Kiesel, Kalk und Kohle organisch abgeschieden. So verschieden alle diese Vorgänge sind, und so wechselnd die Heimatsstätte der dadurch gebildeten Massen ist, alle werden nach denselben Gesetzen der Schwerkraft an der Erdoberfläche abgelagert, alle diese Prozesse verlängern den Erdradius durch Auflagerung.

Und auf der anderen Seite ist es bald der Frost, welcher Gesteine zertrümmert, bald chemische Verwitterung, die den harten Granit zersetzt; hier trägt fließendes Wasser den Schlamm des Festlandes zum Meere, dort bewegt das Gletschereis gewaltige Moränenblöcke zu Thal; der gefürchtete Samum trägt Wolken von Staub und Sand über weite Strecken, und Meeresströmungen treiben Baumstämme und Eisberge, Bimsteine und Seetange hinaus in die offene See. Allen diesen zuletzt genannten Vorgängen aber ist gemeinsam, dass sie Theile der Erdoberfläche abtragen und den Erdradius lokal verkürzen.

Schon vor langer Zeit hat man erkannt, dass diese beiden Vorgänge sich antagonistisch gegenüberstehen, dass wesentliche Veränderungen im Antlitz der Erde durch sie hervorgebracht werden. Man hat damals bei der Aufschüttung eines Vulkankegels von „Hebung“ gesprochen, und später für das Verschwinden mariner Sandbänke und ähnlicher Massen das correlative Wort „Senkung“ angewandt. Dadurch wurde „Hebung und Senkung“ ein Schlagwort, das Jahrzehnte lang die geologische Literatur und die geologische Polemik erfüllte. Erst in den letzten Jahren hat man erkannt, dass diese Worte doppelsinnig gebraucht wurden, und dass infolgedessen keine Klarheit in die Diskussion kommen konnte. Wir beschränken heute die Worte Hebung und Senkung auf Dislokationsbewegungen der Erdrinde.

Trotzdem also sowohl bei der Bildung eines Vulkanes wie bei der Entstehung eines Faltengebirges der Abstand zwischen Erdmittelpunkt und Peripherie verlängert wird, so müssen wir doch beide Vorgänge grundsätzlich von einander unterscheiden. Wir können nicht

von vulkanischer Hebung eines Kraters und ebensowenig von der Auflagerung eines Faltengebirges reden; wir dürfen das radiale Einsinken eines Tafellandes nicht Abtragung und die Zerstörung einer Sandbank nicht Senkung nennen.

Bei unseren folgenden Betrachtungen werden wir folgerichtig diese Veränderungen des Erdradius durch Dislokation vollkommen unberücksichtigt lassen, und uns nur mit den Massenbewegungen der Alluvionen im weitesten Sinne beschäftigen.

Wir haben in dem vorigen Abschnitt auseinandergesetzt, dass der gesteinsbildende Vorgang aus 7 hintereinander folgenden Stadien besteht, die selten vollständig durchlaufen werden, meist aber nur in einer lückenvollen Reihe zur Beobachtung kommen. Ein durch vulkanische Hitze gefritteter Sandstein ist ein gutes Beispiel für die lückenlose Reihe, denn zuerst wurde ein Quarzhaltiges Gestein durch Verwitterung zerkleinert, die Quarzkörner wurden aufgehoben und transportirt, dann wurden sie abgelagert, durch schwache Lösungen ver kittet, und endlich durch das Eruptivgestein metamorphosirt.

In der Gegenwart können wir nebeneinander alle diese verschiedenen Vorgänge beobachten, und sie scharf von einander trennen; allein wenn es sich um die Beurteilung früherer Erdepochen handelt, so fallen alle Bewegungsvorgänge ausserhalb des Kreises unserer Betrachtungen. Die erratischen Blöcke der norddeutschen Tiefebene stammen, wie die petrographische Untersuchung mit aller Sicherheit lehrt, aus Skandinavien, aber Verwitterung, Ablation und Transport können wir nicht mehr beobachten, wir sehen nur in Schweden einen Massendefect und in Norddeutschland eine Ablagerung. Alles Uebrige entzieht sich der Beobachtung und kann nur theoretisch erschlossen werden. Und wenn die alte Grundmoräne des nordischen Binneneises an irgend einer Stelle von Norddeutschland durch Diagenese und Metamorphose verändert worden wäre, so würden diese Vorgänge zwar auch aus dem petrographischen Zustand des Gesteins mit Sicherheit erschlossen werden können, aber die Dimensionen und die Lagerung der Gesteinsmasse wäre dadurch nicht wesentlich verändert. Wir sehen also leicht ein, dass die 7 Stadien der Gesteinsbildung selbst wenn sie alle 7 auf einander gefolgt wären, doch bei fossilen Ablagerungen nicht im Einzelnen überall erkannt werden können, und dass sie infolge dessen in der Betrachtung eines geologischen Profils nicht leicht zu sehen sind.

Daher müssen wir den gesteinsbildenden Vorgang der Gegenwart nach Principien einteilen, die es gestatten in jedem einzelnen Profil, in jedem natürlichen oder künstlichen Aufschluss den speciellen Charakter lithogenetischer Processe nachzuweisen.

Mit Rücksicht auf die Länge des Erdhalbmessers zerfällt der lithogenetische Vorgang nur in zwei Theile: Denudation und Auflagerung. Durch Verwitterung, Ablation, Transport und Corrasion wird der Erdradius verkürzt und wir bezeichnen diese Vorgänge gemeinsam als Denudation. Durch Ablagerung der transportirten Masse, durch vulkanische Aufschüttung, durch chemische Absätze, durch kosmischen Staub und organische Reste wird der Erdradius verlängert, wir nennen diesen Vorgang Auflagerung. Diagenese und Metamorphose können an diesem Resultat nichts Wesentliches mehr verändern.

Denudation und Auflagerung sind nicht nur in der Regel die Endstadien eines einheitlich verlaufenden Vorgangs, sondern sie sind mit Rücksicht auf die Morphologie der Erdoberfläche Gegensätze, und schliessen sich räumlich und zeitlich aus. Wo der eine Vorgang waltet, ist der andere undenkbar; der eine verkürzt den Erddurchmesser, der andere verlängert denselben. Denudation und Auflagerung sind regionale Vorgänge und es ist möglich für den gegenwärtigen Zustand der Erdrinde die Gebiete der Denudation von denen der Auflagerung kartographisch zu unterscheiden.¹⁾ Eine Karte, welche die Regionen vorwiegender Denudation von den Regionen vorwiegender Auflagerung abgliedert, bringt zugleich den fundamentalen und wichtigsten geologischen Vorgang der Gegenwart zur Darstellung. Und eine Allgemeine Lithogenie hat in erster Linie auf den Gegensatz zwischen Denudation und Auflagerung hinzuweisen. Mannigfaltige Transportwege verbinden das Gebiet der Denudation mit jenen Regionen, in denen das denudirte Material zur Ablagerung gelangt; ihre Spur werden wir an den Marken der Corrasion leicht wieder erkennen können.

Die Masse des gegenwärtig auf der Erdoberfläche aufgelagerten Materials ist grösser als der Betrag des denudirten Gesteins. Denn aufgelagert werden ausser den Denudationsprodukten, auch noch die vulkanischen Laven und Aschen, Meteoriten und kosmischer Staub, und endlich manche chemische und organische Absätze, deren Bestandtheile aus den Salzen des Seewassers und den Gasen der Atmosphäre stammen.

Uebertragen wir die eben gewonnenen Anschauungen auf die Erdgeschichte, und suchen wir nach den Grundsätzen der ontologischen Methode die Vorzeit unseres Planeten zu enträthseln, so tritt zuvörderst die Aufgabe an uns heran: für jeden bestimmten Zeitpunkt der Erdgeschichte jene beiden fundamentalen Gegensätze zu erkennen, und für einen gegebenen geologischen Zeitabschnitt die Regionen der Denudation und diejenigen der Auflagerung aufzusuchen und klarzulegen. Mit dieser Untersuchung hat jede geologisch historische Arbeit zu beginnen. In jedem einzelnen Profil, und für jede Schicht desselben, müssen wir bestimmen können, an welcher Stelle und in welchem Zeitabschnitt denudirt, wo und wann aufgelagert worden ist?

Fast jeder Theil der Lithosphäre ist einmal vorübergehend Erdoberfläche gewesen, jede Kalkbank hat einmal den Meeresboden begrenzt, jedes eingeschaltete Fossil ist bei seiner Bildung in die äusserste Peripherie der damaligen Erdoberfläche eingebettet worden, jede vulkanische Tuffschicht bildete einmal die äussere Begrenzung eines Vulkankegels. In besonders hohem Masse trifft Solches aber für jene Trennungshorizonte zu, die als Schichtenfugen wohl bekannt sind. Wir haben uns später mit dem Problem der Schichtung noch eingehend zu beschäftigen, aber soviel können wir schon hier vorausgreifend feststellen: Jede Schichtungsfläche war einmal die Oberfläche der Lithosphäre. Unser Ziel muss es also sein, an jeder beliebigen Schichtungsfläche zu erkennen, ob sie durch Denudation, oder durch Auflagerung entstanden ist.

1) Vergl. ROHRBACH BERGHAUS, Physik. Atlas, Geologie Nr. 4.

Die Mächtigkeit und horizontale Ausdehnung der Erdschichten ist grossen Verschiedenheiten unterworfen, allein in der grossen Fülle wechselnder Schichtenverbände und stratigraphischer Ueberlagerung, hat man schon längst zwei grundsätzlich verschiedene Typen der Gesteinsfolge erkannt. Während in dem einen Falle die aufeinanderfolgenden Schichten regelmässig und parallel, wie die Blätter eines Buches: *concordant* übereinanderliegen, sehen wir an anderen Stellen die späteren Schichtenfugen unter einem bestimmten Winkel ältere Schichten schneiden, und nennen diese übergreifende ungleichförmige Ueberlagerung: *discordant*. In der stratigraphischen Betrachtungsweise der Formationslehre spielen diese Discordanzen eine sehr wichtige Rolle: als die Hauptgrenzen aufeinanderfolgender Formationen. Mit vollem Recht hat man erkannt, dass kein Leitfossil so scharfe Trennungshorizonte zu ziehen erlaubt, dass keine einzige concordante Schichtenfläche einen ähnlichen gliedernden Werth für weitere Erstreckung besitzt, wie eine Discordanz.

Bei erdgeschichtlichen Studien gewinnt aber der Gegensatz von concordanter und discordanter Ueberlagerung noch eine andere höhere Bedeutung. Concordant verbundene Schichten sind in ruhiger Aufeinanderfolge abgelagert worden; bei discordanter Ueberlagerung aber musste ein Theil vorher gebildeter Gesteine entfernt werden, ehe neue Gesteine darauf zur Ablagerung gelangten. Wenn wir also die Vorgänge, welche während der Entstehung einer Schichtenfuge sich vollzogen haben müssen, einander schematisch gegenüberstellen, so können wir sagen: Jede concordante Schichtenfuge ist eine Auflagerungsfläche, jede discordante Schichtenfuge ist eine Denudationsfläche.

Wir müssen an dieser Stelle einschränkend darauf hinweisen, dass gleichförmige Lagerung auch einer Discordanz entsprechen kann, wenn die älteren Schichten nicht dislocirt wurden, und wenn sie durch die Denudation so gleichmässig abgetragen wurden, dass auf der horizontalen Schichtentafel horizontal die neuen Ablagerungen gebildet werden konnten. So sehen wir in Aegypten auf horizontalem Kohlenkalk horizontal die Kreide liegen, ohne dass zwischen beiden ein discordanter Schichtenverband vorhanden wäre. Aber der sorgfältig arbeitende Geologe wird sich durch eine solche „maskirte Discordanz“ nicht beirren lassen, und dennoch die Kreide als übergreifend erkennen.

Andererseits entsteht bisweilen durch Schollenbewegungen im Innern der Erdrinde, durch Ueberschiebung, ein discordantes Aneinanderstossen zweier Schichtenreihen, das nicht unter die echten (ursprünglichen) Discordanzen gerechnet werden darf. Auch hier kann bei ungenügender Beobachtung eine Discordanz angenommen werden, die sich bei näherem Studium als secundäre „Dislokation“ herausstellt; und auch auf diese Fälle lässt sich unser Satz, dass jede Discordanz eine Denudationsfläche sei, nicht anwenden.

Aber wenn wir uns bei der Prüfung der Thatfachen durch derartige scheinbare Ausnahmen nicht stören lassen, so dürfte der oben aufgestellte Satz zu Recht bestehen.

Es handelt sich ja auch hierbei nicht so sehr um die bei jeder Erscheinung auftretenden scheinbaren Ausnahmen, sondern darum, dass

Discordanz und Concordanz in demselben äquivalenten Gegensatz stehen, wie Denudation und Auflagerung, und dass man somit aus dem blossen stratigraphischen Verband zweier aufeinanderfolgender Schichtentafeln in der Mehrzahl der Fälle mit aller Sicherheit herauslesen kann, ob in dem betreffenden Zeitabschnitt und an der betreffenden Stelle denudirt oder aufgelagert worden ist.

Wir sind damit imstande, für jede Periode der Vorzeit die beiden massgebenden Vorgänge der Denudation und der Auflagerung regional festzulegen.

Mit Unrecht hat man bisher eine Concordanz als Zeichen dafür betrachtet, dass sie unter dem Spiegel der Hydrosphäre entstand. Denn unsere Aufgabe wird es sein, zu zeigen, dass auch auf dem trockenen Land concordant geschichtete Absätze entstehen. Und es wird einer correkteren Auffassung der Erdgeschichte die Wege bahnen, wenn man in der concordanten oder discordanten Schichtenfolge nicht die Gegensätze zwischen Wasser und Festland, und ebensowenig diejenigen einer kürzeren oder längeren zeitlichen Unterbrechung der gesteinsbildenden Vorgänge, sondern in ihnen jenen fundamentalen Gegensatz wiedersehen, den auf der gegenwärtigen Erdoberfläche, Denudation und Auflagerung bilden.

3. Die Verwitterung.

Manche Gesteine sind von Natur so weich und locker, dass die transportirenden Kräfte dieselben leicht abheben und verfrachten können. Die frischgefallenen Aschen des Vesuves, die trocken gelegten Sedimente des Niedelta, werden von Wind und Wasser ohne weiteres ablatirt. Dagegen besitzen die meisten Gesteine, die sich am Aufbau der Lithosphäre betheiligen, eine so grosse Härte und Festigkeit, dass sie erst gelockert, aufgeschlossen, zersetzt werden müssen, ehe die Transportkräfte dieselben abheben und weitertragen können. Wir nennen die Vorgänge, durch welche die Oberflächenschichten der Lithosphäre gelockert und dadurch für die Transportkräfte angreifbar gemacht werden: Verwitterung.

Wir unterscheiden physikalische, chemische und organische Verwitterungsvorgänge, welche in der Regel miteinander combinirt auftreten, so dass es, besonders in unserem Klima, schwer ist, die verschiedenen Prozesse scharf voneinander zu trennen und ihre Wirkungsweise abzuwägen. Leichter ist es, in dem trockenen Wüstenklima das Ueberwiegen physikalischer Verwitterung, oder im Gebiet der Tropenregen die Wirkung chemischer Verwitterung zu beurtheilen.

Die chemische Verwitterung ist an das Vorhandensein atmosphärischer Niederschläge, die organische Verwitterung an die Verbreitung von lebenden Pflanzen und Thieren gebunden. Da es nun selbst in den trockensten Wüsten gelegentlich regnet, da nur wenige Gebiete des Festlandes vollkommen pflanzenlos sind, so kann man nur selten die physikalische Verwitterung ganz isolirt beobachten; und es lässt sich infolge dessen im Allgemeinen der Verwitterungsvorgang auf der ganzen Lithosphäre als ein Zusammenwirken physikalischer, chemischer und organischer Veränderungen bezeichnen. Wenn wir daher im Folgenden einzelne charakteristische Beispiele einseitiger Verwitterung herausgreifen, so geschieht es nur, um den complicirten Vorgang in seine Elemente zu zerlegen.

II. Die physikalische Verwitterung ist eine Folge der Schwankungen der Besonnung unserer Erde. Die Temperatur¹⁾ der Erdoberfläche würde, wenn sie fern von der Sonne im Weltenraum schwebte,

1) SCHMID, Lehrbuch der Meteorologie 1860, S. 97, und Neues Jahrb. für Min. 1831, S. 209.

wahrscheinlich — 142°C . betragen. Alle höheren Temperaturen sind (mit Ausnahme der lokalen Aeusserung vulkanischer Wärme) eine Folge der Sonnenstrahlen. Durch die seit langen Zeiten erfolgte beständige Sonnenbestrahlung ist aber die gesammte Erdrinde von aussen her so erwärmt, dass der Verlust an ausgestrahlter Erdwärme einigermaßen ergänzt worden ist, und dass infolgedessen die niedrigsten beobachteten Temperaturen — 60°C . betragen. Wenn wir diese Zahl als die empirische Minimaltemperatur der heutigen Erdrinde betrachten dürfen, so werden durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen einzelne Theile der Lithosphäre bis zu $+80^{\circ}\text{C}$. erwärmt. Diese Erwärmung ist zeitlich und räumlich verschieden vertheilt, und kann grossen und raschen Schwankungen unterworfen sein.

Die Ausdehnung der Körper ist abhängig von der Temperatur. Durch die periodisch schwankende Erwärmung wird also beständig das Volumen und die Dichte der Gesteine verändert und dadurch ihre Festigkeit vermindert. Je grösser die Schwankung der Erwärmung ist und je rascher diese Schwankungen aufeinanderfolgen, desto stärker ist die physikalische Verwitterung eines gegebenen Gesteins.

Die ursprüngliche Beschaffenheit des Gesteins spielt aber ebenfalls eine bedeutungsvolle Rolle.

Unter specifischer Wärme¹⁾ versteht man jene Wärmemenge, welche ein Körper von der Masse 1 braucht damit seine Temperatur um 1°C . zunimmt. Die specifische Wärme des Wassers ist = 1. v. LIEBENBERG untersuchte eine Anzahl von Bodenarten daraufhin und fand folgende, verschiedene Werthe:

Bodenart, lufttrocken	Spec. Wärme bezogen auf das Volumen
Grober Tertiärsand	0,464
Feiner Tertiärsand	0,454
Grober Diluvialsand	0,346
Feiner Diluvialsand	0,269
Kalksand	0,222
Diluviallehm	0,322
Diluvialmergel	0,360
Lösslehm	0,343
Lössmergel	0,400
Humoser Lösslehm	0,382
Auelehm	0,412
Porphyrboden	0,304
Granitboden	0,446
Basaltboden	0,380
Muschelkalkboden	0,450
Sandmoorboden	0,313
Haideerde	0,161
Eisenmoorboden	0,146
Tertiärthon	0,261.

Die specifische Wärme der verschiedenen Substanzen veranlasst es also, dass die Ausdehnung der Masse bei Einwirkung derselben

1) A. v. LIEBENBERG, Untersuchungen über Bodenwärme. Halle 1875, S. 13 und 38.

Wärmemenge eine verschiedene ist, und auch bei der Abkühlung Zeitdauer und Intensität der Zusammenziehung wechselt.

Nächst der specifischen Wärme spielt aber die Färbung eines Gesteines eine bedeutungsvolle Rolle bei der physikalischen Verwitterung; und zwar ist es nicht so sehr die dunklere oder hellere Färbung, als die einheitliche Farbe bezw. die Zusammensetzung aus verschieden gefärbten Gemengtheilen, welche hierbei besondere Berücksichtigung verdient.¹⁾

Gleichmässig gefärbte, homochrome Gesteine zerspringen in scharfkantige Bruchstücke unter dem Einfluss starker Erwärmung; und zwar bilden sich entweder radiale Sprünge oder periphere Spalten, welche das Gestein in concentrische Schalen zerlegen.

Bei polychromen Gesteinen, welche, wie der Granit, aus verschiedenen gefärbten Mineralkörnern von verschiedener specifischer Wärme bestehen, verläuft der physikalische Verwitterungsvorgang in ganz anderer Weise. Während ein Basaltblock oder ein Kalkfelsen in toto den Wärmeschwankungen unterworfen ist und als Ganzes reagirt, individualisirt sich in polychromen krystallinischkörnigen Gesteinen die Wirkung der Insolation in jedem einzelnen Krystall. Jeder absorhirt am Tage eine andere Wärmemenge und dehnt sich anders aus, als der benachbarte, anders gefärbte Krystall. Das Umgekehrte vollzieht sich bei Nacht durch die Wärmeausstrahlung. Indem beide Vorgänge sich täglich und jahrelang wiederholen wird allmählig der härteste Granit gelockert und zerfällt zu einem groben Sand, in dem man die Feldspäthe, Quarz- und Hornblendekrystalle isolirt neben einander bemerkt.

Die beste Gelegenheit um diese Wirkungen der Insolation zu beobachten bieten die Wüstengebiete, weil in ihnen wegen des geringen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und der Vegetationsarmut die Sonnenstrahlen am intensivsten auf den Felsboden einwirken.

In Südafrika²⁾ beobachtet LIVINGSTONE: Am Abend nach einem heissen Tage war es sehr gewöhnlich, Basaltmassen zerspringen und unter einanderfallen zu hören mit dem eigenthümlichen klingenden Ton, der das Volk glauben macht, das Gestein enthalte viel Eisen.

Die Gesteinsmassen der Felsengebirge von Persien³⁾ bekommen durch die Insolation Risse, Sprünge und Klüfte, es lösen sich grössere und kleinere Gesteinsbrocken ab, und es bildet sich dadurch Gebirgsschutt. In Brasilien⁴⁾ werden Steine durch die Sonnenhitze zersprengt, und in der Atakama⁵⁾ sind die Steine so scharfkantig, dass die Guanacojäger ihren Hunden Schuhe anziehen, weil sie sich sonst die Füsse wund laufen. HARDING⁶⁾ beobachtete in der Atakama im Winter früh um 7 Uhr — 12° C. und 11 Uhr Vormittags + 37° C., während im Sommer die Temperatur von + 5° C. bis + 55° C. schwankte. Dabei betrug die Bodentemperatur oft 63° C.

1) J. WALTHER, Die Denudation in der Wüste. Leipzig 1890, S. 21 und 147.

2) PETERMANN'S Geogr. Mitth. XXII, S. 262.

3) TIETZE, Zeitschr. d. Ver. f. Erdk. Wien 1886, S. 517.

4) Ausland 1867, S. 1221.

5) PHILIPPI, Peterm. Geogr. Mitth. II, S. 63.

6) Journ. Geogr. Soc. 1877, S. 252.

In Chile beobachtete DARWIN¹⁾ an einem Grünsteingebirge, dass das Gestein in ungeheurer grosse, kantige Bruchstücke zerklüftet war. Viele Flächen dieser Fragmente waren vollkommen frisch, einige sahen so aus, als seien sie am Tage vorher erst gebrochen, während an anderen sich Flechten eben erst befestigt hatten, oder schon lange daran gewachsen waren.

Während in der Sahara²⁾ das Thermometer von -8°C . bei Tademayt bis zu 53°C . Schattentemperatur bei Chimmedru steigen kann, sind auch die an demselben Ort beobachteten täglichen Temperaturwechsel sehr bedeutend.

In Taoussara (Algier) beobachtete DASTAGUE³⁾ am 27. Januar innerhalb 6 Stunden eine Temperaturdifferenz von 30°C ., und in Oud bou Terkin am 2. Februar eine solche von 29°C .

UNGER⁴⁾ zeigte, dass die gesprungenen Holzstücke und Kiesel am „grossen versteinerten Wald“ bei Kairo durch Temperaturdifferenzen gesprengt werden, und FRAAS⁵⁾ hat sogar den Moment solchen Zerspringens beobachtet, indem er sah, dass kurz nach Sonnenaufgang von einem zu seinen Füssen liegenden Feuerstein eine halbzöllige kreisrunde Schale absprang.

Auf mehreren Wüstenreisen⁶⁾ habe ich dann dieses Zerspringen durch Insolation als eine charakteristische Wüstenerscheinung verfolgt. Die Sprünge bilden sich in Kalk, Feuerstein, Sandstein, Porphy, Granit, Gneiss, Quarz und anderen Gesteinen. Der Sprung dringt allmählig in die Tiefe, so dass halbggesprungene Gerölle nicht selten beobachtet werden. Sprünge kann man beobachten an nussgrossen Steinchen ebenso wie an haushohen Blöcken, und oft zerlegt ein ganzes System von Sprüngen den Felsen. An Kalk und Granitfelsen beobachtet man oft periphere Sprünge, welche concentrische Schalen vom Gestein ablösen. Bald sind diese Schalen (Kalk vom Uadi Dugla und Uadi Omm Ruthi in Aegypten) papierdünne Blätter, welche dichtgedrängt aufeinanderliegen, bald sind es 10 cm dicke Rinden (Granit von Westtexas) die man in metergrossen Stücken vom Felsen abheben kann.

In der Wüste bleiben aber die scharfen Sprungkanten nicht lange erhalten, denn der Flugsand rundet dieselben immer von Neuem. Deshalb ist die Mehrzahl der in den Kieswüsten den Boden bedeckenden Gerölle von rundlichem Umriss, und nur bei sorgfältiger Beobachtung sieht man dazwischen die neugesprungenen Stücke liegen.

Auch aus dem tropischen Westafrika berichtet PECHUEL-LOESCHE⁷⁾ von der Wirkung der Insolation. Während der heissen Regenzeit kann man Temperaturdifferenzen von $60-84^{\circ}\text{C}$. beobachten. Der Regen ist $21-24^{\circ}\text{C}$. warm, infolge dessen bewirken die Nachmittagsgewitter eine starke Abkühlung des Bodens.

1) DARWIN, Ges. Werke. Stuttgart 1875, I., S. 294.

2) SCHIRMER, Le Sahara 1893, S. 104.

3) DASTAGUE, Bull. Soc. Geogr. 1874, S. 241.

4) UNGER, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Wien 1858, S. 219.

5) FRAAS, Aus dem Orient, S. 38.

6) J. WALTHER, Denudation in der Wüste, S. 106 f. — Die Nordamerikanischen Wüsten. Verh. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1892, S. 7.

7) PECHUEL-LOESCHE, Ausland 1884, S. 425.

Eine seltsame Rolle bei der Bildung und Erweiterung derartiger Sprünge spielt in den ägyptischen Wüsten das in den meisten Gesteinen enthaltene Salz. Während der Nacht zieht das hygroscopische Salz die geringen, in der Luft enthaltenen Spuren von Wasser an sich, und vom Gesteinskern aus dringt die Salzlösung leicht in die capillaren Spalten hinein. Bei beginnender Besonnung wird das Wasser verdunstet und das Salz krystallisiert aus. Infolge der dabei stattfindenden Volumvergrößerung erweitern sich die capillaren Spalten und ein intensives Abblättern und Abbröckeln weicher Gesteine kann man in der Wüste leicht beobachten, sobald der erste Sonnenstrahl eine vorher beschattete Felswand trifft. Auf der Hinterseite derartig abgelätterter Fragmente beobachtete SCHWEINFURTH konstant einen zarten Ueberzug von Salzkristallen.

In den gemässigten und polaren Zonen, in denen die Insolation weniger stark ist und wo der Salzgehalt der Gesteine keine Rolle spielen kann, bewirkt der sogenannte Spaltenfrost eine ganz ähnliche Zerbröckelung selbst harter Felsarten. Das in alle Capillaren und Spalten eindringende Regen- und Schneewasser dehnt sich beim Gefrieren aus. Die molekulare Kraft des gefrierenden Wassers ist so bedeutend, dass 1892 in den Farbenfabriken zu Elberfeld ein eiserner Autograph von 20 cm Wandstärke, der auf 200—600 Atmosphärendruck geprüft war, durch frierendes Wasser gesprengt wurde, obwohl das Wasser durch die Manometerröhre hätte austreten können. Kein Wunder, dass daher das gefrierende Wasser capillare Spalten zu Sprüngen erweitert und die härtesten Felsen zerklüftet.

An den Gehängen unserer Berge, noch leichter aber an den Felswänden des Hochgebirges kann man verfolgen, welche Mengen von Gebirgsschutt durch den Spaltenfrost entstehen; es sind besonders die Monate des Frühjahrs und die Morgenstunden, in denen man die verwitternde Wirkung des capillaren Wassers leicht beobachten kann. Sobald die Sonnenstrahlen auf die Felsen zu wirken beginnen, und die Adhäsionskraft der Eiskristalle aufheben, stürzen die Blöcke und Steine haltlos in die Tiefe und häufen sich zu hohen Schutthalten an.

Auf die Wirkung des Frostes führt KERR¹⁾ auch jene Bodenbewegungen zurück, welche in Profilen dislocirter Schichtenkomplexe als „Hackenwerfen“ wohl bekannt sind. Wie schon v. DECHEN²⁾, dann später v. GUEMBEL³⁾ hervorgehoben haben, beobachtet man an Profilen steil aufgerichteter Schichtgesteine häufig, dass die ausgehenden Schichten hakenförmig nach abwärts umgebogen sind. In Nordamerika sind diese Verhältnisse besonders häufig zu beobachten, und KERR konnte zeigen, dass es sich hierbei um eine Frostwirkung handelt. In strengen Wintern friert der Erdboden in Canada und Vermont bis in Tiefen von 3 m. Durch das wiederholte Frieren und Auftauen werden die gesammten lockeren Bodenmassen in eine am Berggehänge nach abwärts gleitende Bewegung versetzt und hierbei alle verschiebbaren Schichtenköpfe thalwärts umgebogen; die ausgehenden Theile von

• 1) KERR, Americ. Journal 1881, I, S. 345.

2) de LA BECHE, Vorschule der Geologie 1852, übers. v. Dechen.

3) v. GUEMBEL, Neues Jahrb. f. Min. 1858, S. 285. — Geologie von Bayern, I, S. 297 Anm.

Gängen werden ebenfalls mit bewegt und ihre Bruchstücke lassen den Weg erkennen, den die ganze Bodenmasse im Laufe der Jahrhunderte zurückgelegt hat. KERR bezeichnet die ganze Erscheinung als Frost-drift und nennt die dabei bewegten Bodenschichten: Erdgletscher.

Auch im Polargebiet spielt die Insolation eine bedeutungsvolle Rolle. v. DRYGALSKI berichtet ¹⁾: Die Sonnenstrahlen sind in Grünland ausserordentlich intensiv, während die Temperatur der Luft sich immer ziemlich niedrig hält. Einmal wurde ein Unterschied von 20° C. festgestellt. So kommt es, dass die vegetationslosen Felsen sich ausserordentlich stark erwärmen. Wenn man über die gerundeten Felsen geht, so merkt man häufig einen hohlen Klang. Die stark erhitze Schale hat sich über dem kühleren Kern ausgedehnt, und überspannt einen hohlen Raum; bald platzt sie los, um dieser Art der Verwitterung Zutritt zu weiteren Tiefen zu geben.

Eine seltsame Art der Verwitterung hat THOULET ²⁾ an der Margarethenbai an der Neufundländischen Küste beobachtet. Dort ist der 100 m breite flache Strand mit scharfkantigen Bruchstücken von Kalk übersät, deren frische Bruchflächen sich lebhaft abheben von den durch chemische Verwitterung angeätzten Felsen. Manche Kalkstücke sind mit vielen Bruchnarben versehen und ähneln den Schlagkernen (Nucleus) von Feuersteinknollen. Bei der Entstehung dieser Fels-trümmer betheiligen sich die Gezeiten und der Frost. Im Beginn des Winters ist die Luft schon kalt, das Meerwasser aber behält noch einige Zeit lang seine sommerliche Wärme. Während der Fluth dringt das Seewasser in alle Spalten und Poren des Gesteins, während der Ebbe friert das Wasser darin und zersprengt die Felsen. Indem sich durch den Wechsel der Gezeiten dieser Vorgang täglich zweimal wiederholt, wird das Küstengestein in intensiver Weise zerbröckelt. Je zerklüfteter und poröser das Gestein ist, je flacher der Strand und je höher die Gezeiten, desto energischer ist diese Verwitterung. Doch ist sie auf die niederen Breiten des Polargebietes beschränkt, weil innerhalb der Polarkreise das Meer zu rasch friert, und dann lange Zeit hindurch gefroren bleibt.

Eine besondere Art der Frostwirkung beobachtet man ³⁾ auch unter grossen Gletschern. Bekanntlich wird Eis durch Druck verflüssigt und durch Druckverminderung wieder krystallinisch, selbst bei unveränderlicher Temperatur. Nun wird bei dicken Gletschern durch die Last der Eismassen die dem Boden anhaftende Eisschicht so heftig gedrückt, und bei der gleitenden Bewegung des Eises ist dieser Druck solchen Schwankungen unterworfen, dass ein beständiges Flüssig- und Wiederfestwerden des Eises angenommen werden muss. Durch geeignete Versuche konnten BLUEMCKE und FINSTERWALDER zeigen, dass selbst harte Gesteine unter solchen Umständen eine beträchtliche Abnutzung erfahren, welche sich qualitativ nicht unterscheidet von der durch Temperaturschwankung verursachten Verwitterung. Es erfolgt also selbst unter der Decke des Gletschereises eine andauernde Zerstörung und Zerbröckelung des anstehenden Gesteins.

1) v. DRYGALSKI, Verh. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1891, S. 457.

2) THOULET, Compt. Rend. Acad. Paris CIII, 1886, S. 1194.

3) BLUEMCKE und FINSTERWALDER, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Math. physik. Classe. München 1890, S. 435.

II. Die chemische Verwitterung erfolgt durch Vermittelung des meteorischen Wassers, das lösend und zersetzend auf die Gesteine wirkt. In der Mehrzahl der Fälle ist sie mit physikalischer Verwitterung verknüpft.

Als Regen und Schnee, Hagel und Thau fällt die in der Atmosphäre enthaltene Feuchtigkeit auf die Lithosphäre herab. Bei ihrem Durchgang durch die Luft nehmen die Meteorwasser Sauerstoff, Kohlensäure und wohl auch bei Gewittern Salpetrige Säure auf, und wirken damit lösend und zersetzend.

Löslich im strengen Sinne, sind nur wenige felsbildende Mineralien, wie Steinsalz, Gyps, Kalk. Die Löslichkeit der Chloride ist eine so grosse, dass dieselben nur in regenarmen Gegenden sich dauernd an der Oberfläche der Lithosphäre finden. Überall, wo Regen, Flusswasser oder Meereswellen Zutritt haben, werden die etwa vorhandenen, oder die frischgebildeten Chloride entfernt. Deshalb können in der Gegenwart Salzlager nur in regenarmen Gegenden entstehen und erhalten bleiben.

Gyps wird von reinem Wasser auch ziemlich leicht gelöst. Wenn Regenwasser¹⁾ lange Zeit durch eine von Spalten durchgezogene Gypsablagerung hindurchrieselt, so nagt es sich einen cylindrischen Hohlraum (Schlot) der allmählig an seinem Grunde eine bauchige Erweiterung bekommt. Die Wände dieser Gypsschlotten zeigen bisweilen sehr deutlich flachere oder tiefere, schmale und breite ganz glatte Rinnen, welche die Richtung andeuten, in der das Wasser herabgerieselt ist. Auf diese Weise entstehen oft mehrere hintereinanderliegende Hohlräume, welche durch einen schräg nach unten ziehenden Gang verbunden erscheinen.

Kalk ist viel schwerer löslich als Salz oder Gyps und doch vermag das Wasser in langen Zeiträumen sehr auffallende Lösungsformen an ihm zu erzeugen. Nach PFAFF²⁾ verwittert Solnhofener Kalk in 72000 Jahren um 1 m, nach ERWING³⁾ der Kalkstein des Nittanythales in 30,000 Jahren um 1 m. In erster Linie haben wir hier der Karrenfelder zu gedenken, welche die Kalkplateaus der Alpen mit ihren zerrissenen Formen überdecken. Im Gebiet des Todten Gebirges, des Dachsteins, Tännengebirges u. s. w. sind sie im grossartigen Massstabe entwickelt. Scharf zugeschnittene Steinbretter von 2—3 m Länge, 1 m Höhe und 2—5 cm Dicke werden durch glattwandige Spalten voneinander getrennt, und in vielfach wechselnder Richtung sind Quadratmeilengrosse Kalkflächen davon durchfurcht. Das Wasser, welches diese Spaltenrisse erzeugte, kann nicht lange geflossen sein, kann sich nicht mit Humussäuren beladen haben, und hat trotzdem diese intensive Lösungskraft ausgeübt. Es scheint wesentlich das Schneewasser⁴⁾ zu sein, das diese Karrenfelder erzeugt.

Leichter zu erklären sind die in Mittelgebirgen auftretenden „Geologischen Orgeln“⁵⁾, cylindrische oft sogar gewundene Gänge, die

1) SENFT, Synopsis der Geognosie 1876, S. 110.

2) PFAFF, Zeitsch. d. d. geol. Ges. 1872, S. 405.

3) EWING, Americ. Journal 3. Ser. 1885, 1, S. 31.

4) HEIM, Jahrb. d. Schweizer Alpenclubs 1878, S. 421. — FUGGER, Zeitschr. d. d. Alpenvereins 1880, S. 184.

5) NOEGGERATH, Neues Jahrb. f. Min. 1845, S. 513.

von Aussen nach Innen in Kalkbänke hineindringen. Solche Gänge entstehen besonders leicht unter dem Schutz einer Decke von Waldboden und Humus. Das in diesen Bodenarten zirkulierende Wasser sättigt sich mit organischen Säuren. Die wachsenden Wurzeln ätzen, wie wir noch zu zeigen haben, auch ihrerseits an den Wänden vorhandener Vertiefungen, und so erweitern sich dieselben allmähig bis zu 1 m breiten Höhlungen von mehreren Metern Tiefe, die oft in grosser Zahl nebeneinander die Kalksteine durchsetzen.

Die auf dem Kalkplateau des Karstes, aber auch in anderen Kalkgebirgen (Todtes Gebirge) auftretenden kesselartigen Vertiefungen, von oft 30 m Tiefe und 1 km Durchmesser werden als Dolinen bezeichnet. Nach den Untersuchungen von MOJSISOVICS¹⁾ sind es durch Lösung entstandene Erweiterungen ursprünglich vorhandener Einsenkungen, die oftmals in Zusammenhang mit Bruchspalten stehen.

Das häufige Vorkommen unterirdischer Hohlräume in Kalkgebirgen hat man ebenfalls durch Lösung und Erweiterung vorhandener Spalten erklärt. Es lässt sich nicht leugnen, dass viele Höhlen in einem so unverkennbaren Zusammenhang mit Spalten stehen, und in ihrer Form so sehr den Charakter erweiterter Spalten haben, dass ihre Entstehung auf diesem Weg erfolgt sein muss. Andere Höhlen zeigen aber schon in ihrer Form so wesentlich andere Eigenschaften, dass jene allgemein verbreitete Meinung auf sie nicht angewandt werden kann. Es sind unregelmässige, oft domartig erweiterte Lücken, welche durch enge Gänge mit einander in Verbindung stehen, oft sogar ganz isolirt im Kalkmassiv auftreten. Die Wände derselben sind mit dicken Tropfsteinrinden bedeckt, ein Beweis dafür, dass seit Langem das Volumen der Höhle nicht erweitert, sondern verengt wird. Da man solche Höhlen besonders in Korallenkalken findet, und da, wie wir später zu zeigen haben, auch schon die lebenden Korallenriffe von ähnlichen Höhlen durchzogen werden, so ist meines Erachtens die Wahrscheinlichkeit gross, dass viele Tropfsteinhöhlen nicht nachträglich durch Auswaschung entstanden, sondern als ursprüngliche Riffücken betrachtet werden müssen.

Mit der Frage nach der Löslichkeit des Kalkes steht endlich noch ein Problem im Zusammenhang, das neuerdings vielfach besprochen worden ist. Man findet nämlich auf vielen einsamen Koralleninseln Anhäufungen einer rothen Erde, die als *terra rossa* bekannt ist, und man hielt es für zweifellos, dass diese rothe Erde der Lösungsrückstand des dort aufgelösten Korallenkalkes sei. Diese Ansicht hat man auf ähnliche Vorkommnisse in Kalkgebirgen übertragen, und im Laufe der Jahre ist es zu einem feststehenden Satz geworden, dass 100 m mächtige Kalklager chemisch vollkommen aufgelöst und durch das Wasser fortgeführt werden können, während die im Kalk fein vertheilten unlöslichen Bestandtheile liegen blieben.

Nach den neueren Untersuchungen von MURRAY²⁾ und GUPPY³⁾ ist die Rothe Erde auf Koralleninseln keineswegs der Lösungsrückstand von Kalkstein, sondern wesentlich anderen Ursprungs. Bei den Eruptionen vulkanischer Inseln wird oftmals das Meer auf meilenweite Er-

1) V. MOJSISOVICS, Zeitschr. deutsch. österr. Alpenvereins Bd. XI.

2) MURRAY, R. Instit. of Great Brit. 1888, March. 16, S. 11.

3) GUPPY, Solomon Islands. Appendix.

streckung dick mit Bimsteinen übersät. Lange Zeit treiben dieselben im offenen Meer umher, bis sie endlich zu Boden sinken oder auf einsamen Inseln ans Land gespült werden. Koralleninseln sind oftmals mit mächtigen Strandterrassen solcher Auswürflinge umgeben. Unter dem tropischen Klima werden dieselben rasch zu rothem Laterit zersetzt und diese aus Bimstein entstandenen Lateritmassen sind es, welche als *Terra rossa* auf Korallenriffen so oft beobachtet werden. Aber nicht nur die empirischen Thatsachen sprechen gegen jene weitverbreitete Hypothese über die Entstehung der *Terra rossa* sondern ebenso sehr theoretische Erwägungen. Es scheint als ob gerade in diesem Fall die einseitige experimentelle Behandlung des Problems zu jenem Irrthum Veranlassung gab. Wenn man Kalkstein in einem Gefäss mit Säure übergiesst, so verschwindet der Kalk, und die unlöslichen Bestandtheile bleiben als Bodensatz zurück. Mit Unrecht hat man dieses an sich einwurfsfreie Experiment, auf die Geologie übertragen. Denn bei der Auflösung eines Kalkgebirges handelt es sich nicht um die Entstehung eines Bodensatzes und einer Kalklösung, deren Säure die Kohlensäure ersetzt hat, in einem geschlossenen Raum, sondern es handelt sich um die Wirkung bewegten, rinnenden Wassers an der freien Oberfläche der Lithosphäre. Es ist schwer verständlich, dass dasselbe Wasser, welches 100 m Kalkstein auflöste und gelöst hinwegtransportierte, die feinerdigen unlöslichen Bestandtheile unberührt an Ort und Stelle gelassen haben soll. Dasselbe Wasser, das die gelöste Kalkmasse entführte, ist kräftig genug, um auch den unlöslichen Staub mit hinwegzunehmen. Das Experiment ist richtig, aber seine Anwendung auf das geologische Phänomen ist nicht ohne Bedenken.

Ein sehr wirksames Lösungsmittel für Gesteine ist auch das Meerwasser. Obwohl seine Lösungskraft geringer ist, als die des Regenwassers, so bewirkt doch die beständige Bewegung der See eine Steigerung der ausgeübten Wirkung. THOULET untersuchte¹⁾ vergleichend die Lösungskraft beider Flüssigkeiten und fand, dass:

	Bimstein	Muschelschalen	Riffkorallen	Globigerinen
in Seewasser	0,000 105	0,000 039	0,000 201	0,000 137
in Süßwasser	0,000 832	0,001 843	0,003 014	0,003 091

für den Tag und den Kubikdecimeter, Substanz verlieren.

An steilen Kalkufern z. B. an der Küste von Capri und Positano entstehen daher ganz ähnliche Karrenfelder²⁾ wie im Hochgebirge, nur sind sie noch viel rauher und zerrissener. Gerade als wenn man Säure darauf gegossen hätte, so ist der Kalk zerfressen.

Die Auflösung von Kalkresten spielt eine grosse Rolle am Meeresboden, und MURRAY³⁾ hat darüber bemerkenswerthe Untersuchungen angestellt. Wenn man den Meeresboden am Abhang vulkanischer Inseln untersucht, findet man, aus den kalkarmen Gebieten des Tiefseegrundes aufsteigend, zuerst einige dickschalige Kalkreste, mit geringer Tiefe treten immer zahlreichere Schalen auf, bis endlich in

1) THOULET, Compt. Rend. Acad. Paris 1890, 24. März.

2) J. WALTHER und P. SCHIRLITZ, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1886, S. 315.

3) MURRAY, R. Instit. of Great. Brit. 1880, März 1888.

seichten Wasser alle zarten Reste von Pteropoden, Heteropoden und kleinen Larven gefunden werden. Diese Steigerung des Kalkgehaltes hängt damit zusammen, dass in der Tiefsee allmählig alle Kalkreste aufgelöst werden, während das unter geringerem Druck stehende Wasser der Flachsee nicht so grosse Lösungskraft besitzt.

W. THOMSON¹⁾ glaubte, dass der Rothe Thon der Tiefsee wesentlich der Lösungsrückstand von Globigerinenschlick und ähnlichen Kalksedimenten sei. Und es ist auch zweifellos, dass, wenn man Globigerinenschlick mit Säure behandelt, ein Rest übrig bleibt, der vielfach in seinen Eigenschaften übereinstimmt mit dem Rothen Thon der Tiefsee. Aber wenn man frische Globigerinenschalen mit Säure behandelt, so bleibt kein Thon zurück; ein Beweis, dass der im Globigerinenschlick • enthaltene Thon eine fremde Beimengung ist. Sehr deutlich kann man die Lösung des Kalkes am Boden der Tiefsee an den Glaukonitsanden erkennen. An manchen Stellen des Golfstromgebietes bildet sich im Inneren von Foraminiferenschalen eine Ausfüllung von Glaukonit. Später wird die Kalkschale langsam vom Meerwasser aufgelöst, und nur die Steinkerne des Glaukonits bleiben zum Schlusse übrig. Man sieht in manchen Proben von Glaukonitsand alle diese Vorgänge in Uebergangsstadien, von intakten kalkigen Gehäusen bis zu den kalklosen Steinkernen.

Auch die Anhäufungen von Haifischzähnen und Walknochen in manchen Tiefseesedimenten sprechen für die Lösungskraft des Seewassers, denn von den *Cacharias*-zähnen ist nur das harte Dentin übrig, während alle weichen Gewebe vollkommen zerstört erscheinen.

Sogar Kieselgebilde werden von Seewasser gelöst, und *Cromyosphaera antarctica* der Tiefsee zeigte deutlich die ätzende Wirkung desselben an, denn es ist die *Cromyosphaera perspicuum* der Oberfläche.

Neben der lösenden Thätigkeit übt aber das Wasser in der Regel zu gleicher Zeit eine zersetzende, chemisch umwandelnde Wirkung auf die Mineralien der Erdrinde aus, die man auch als Verwitterung im engeren Sinne zu bezeichnen pflegt.

Wenn Mineralien²⁾ und Gesteine, wie es bei vielen Feldspäthen, Glimmer, Hornblende, Augit, Hypersthen, Turmalin, Granat der Fall ist, Eisen- und Manganoxydul enthalten, so werden diese in Oxydhydrate umgewandelt und das Gestein dadurch zersetzt. Ausserdem aber wirkt der Sauerstoff noch auf die Schwefelmetalle ein, indem er sie in schwefelsaure Metalloxyde verwandelt, welche nun wieder, namentlich wenn sie in Wasser löslich sind, viele Mineralien zersetzen, welche sonst unangreifbar wären.

Von weit grösserem, unmittelbaren Einfluss auf die Zersetzung der Mineralien und Felsarten ist die im Meteorwasser enthaltene Kohlensäure. Die in der Luft vorhandene Kohlensäure wird von dem Regenwasser in hohem Grade absorbiert, auch fallender Schnee enthält grosse Mengen derselben. Diese Kohlensäure, vermehrt durch die in den obersten Schichten der Erdrinde enthaltenen Kohlensäuremengen, wirkt nun im Verband mit dem Wasser lösend und zersetzend auf die verschiedenartigsten Mineralien.

1) W. THOMSON, *The Atlantic*, I, S. 228.

2) SENFT, *Fels und Erdboden* 1876, S. 10.

Gelöst werden alle kohlensauen Salze, alle phosphorsauen Salze, viele Fluorverbindungen und alle kohlensauen Alkalien. Zersetzt werden alle zusammengesetzten kohlen- und kieselsauen Mineralien, wenn dieselben Alkalien, Alkalische Erden oder die Oxydule des Eisens und Mangans enthalten. Dann regt die Kohlensäure alle gemeinen Metalle an, Sauerstoff anzuziehen und sich zu oxydiren.

Die in den Erdboden eindringenden Wässer finden hier Gelegenheit, ausser der Kohlensäure noch Humussäuren zu lösen, und mit diesen beladen lösend und zersetzend auf Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit und andere Mineralien zu wirken.

Die, besonders bei tropischen Gewitterregen gebildeten Mengen von Salpetriger Säure spielen ebenfalls eine bedeutungsvolle Rolle bei der Verwitterung, und jene rothgefärbten Verwitterungsprodukte, welche in den Tropen unter dem Namen Laterit wohlbekannt sind, dürften wesentlich auf diese Ursache zurückzuführen sein.

Auch Kohlensaures Ammoniak¹⁾, welches in kleinen Mengen in der Atmosphäre enthalten ist, wirkt zersetzend auf die festesten Gesteine.

Da alle diese Verwitterungsvorgänge an die Mitwirkung von Wasser gebunden sind, so werden sie in ihrer Intensität bestimmt durch die Menge des fallenden Wassers und die Länge der Zeit, während deren das Wasser auf die Lithosphäre einwirken kann. Am geringsten ist infolgedessen die chemische Verwitterung in der Wüste; denn in der Wüste fällt oft Jahre lang kein Tropfen Regen und ebenso in der Thau den eigentlichen Wüsten fremd. Die fallenden Regenwasser werden hier ausserdem an den der Sonne zugewandten Felsflächen rasch wieder abgetrocknet, und nur auf der Nordseite der Berge, im Schatten überhängender Felsen, am Fuss der Felsblöcke hält sich die Feuchtigkeit so lange, dass sie verwitternd wirken kann. Die Folge davon ist, dass die Verwitterungsformen in der Wüste überaus seltsame Gestalten darbieten. Tiefe Höhlen dringen in kompakte Gesteine hinein. Der beschattete Fuss freiliegender Felsblöcke wird verengt und diese zu pilzförmigen Bildungen umgewandelt. Die Nordseite der Berggehänge trägt mehr Spuren derartiger Verwitterung als die Südseite des Geländes. LOCZY²⁾ beobachtete sogar an den Grenzen der Wüste Gobi, dass hier die Vegetation sich länger an der Nordseite des Gebirges hielt als an den südwärts gerichteten Abhängen.

Um so kräftiger ist die chemische Verwitterung in einem regenreichen Klima. Erstens wird durch die grössere Regenmenge eine viel intensivere Wirkung auf die Gesteine ausgeübt, zweitens hält die dichte Pflanzenwelt, die sich in einem regenreichen Gebiet entwickelt, die Feuchtigkeit lange fest, und gestattet eine viel nachhaltigere Verwitterung. In Maranchao³⁾ (Brasilien) hat man 7110 mm jährliche Regenmenge beobachtet; am Südfuss des Himalaja in Cherrapoonjee sogar 14200 mm. Im Juni 1851 fielen in letzterem Ort 3738 mm, also täglich etwa 124 mm Regen.

1) DETMER, Die naturw. Grundlagen des Ackerbaues, Handbuch der gesamten Landwirthschaft, VII, S. 24.

2) LOCZY, Verhandl. X. deutschen Geographentages, S. XXIII.

3) MOHN, Grundzüge der Meteorologie, S. 161.

Dass die Stärke der Verwitterung aber nicht allein von der Regenmenge, sondern auch von der Höhe der Lufttemperatur abhängt, erkennt man an der geringen Zersetzung¹⁾ des Granits unter den mit Feuchtigkeit beladenen Moospolstern von Finnland und dem Nördlichen Ural.

Die chemische Verwitterung im gemässigten Klima ist vielfach untersucht und so oft zum Gegenstand besonderer Studien gemacht worden, dass wir uns hier ziemlich kurz fassen können.

ROTH²⁾ unterscheidet die Verwitterungsprocesse in: einfache Verwitterung und complicirte Verwitterung.

Bei der einfachen Verwitterung bildet der Sauerstoff Oxyde, das Wasser bildet Hydrate, und die Kohlensäure veranlasst die Bildung wasserfreier oder wasserhaltiger Karbonate, welche dann oft im Wasser oder im kohlensauren Wasser gelöst werden. Organische Substanzen reduciren Sulphate zu Sulphiden, Eisenoxyd zu Eisenoxydul.

Die complicirte Verwitterung entsteht dadurch, dass die in einem zusammengesetzten Gestein, aus verschiedenen Mineralien entstehenden Lösungen und Lösungsrückstände gegenseitig lösend und umwandelnd wirken.

Mannichfaltig wie die Gesteine, welche dem chemischen Verwitterungsprocess unterworfen werden, sind auch die Vorgänge und Endprodukte³⁾ dieser Verwitterungen.

Die Stärke der Verwitterung wird erstens bedingt, durch die Menge des vorhandenen Wassers.

Infolgedessen ist unter sonst gleichen Verhältnissen, die chemische Verwitterung in einem regenreichen Gebirge stärker, als in einer regenarmen Steppe.

Der zweite Faktor ist der Gehalt des Wassers an Sauerstoff, Kohlensäure und organischen Verbindungen.

Drittens wirkt die Verwitterung um so kräftiger, je länger das zersetzende Wasser einwirken kann. Unter dem Schutze einer geschlossenen Vegetationsdecke, auf den dünnen Spalten und Capillaren, die das Gestein durchziehen, ist die Verwitterung grösser als an der freien Oberfläche. Infolgedessen ist die Zerklüftung eines Gesteins von grosser Bedeutung.

Indem die Verwitterung auf den Spalten ins Innere vordringt, ohne dass die hier gebildeten Zersetzungsprodukte weiter transportiert werden, entstehen oftmals jene, an Breccien und Konglomerate erinnernden Gesteine, bei denen Kerne des unveränderten Gesteins eingebettet liegen in einer homogenen, durch Verwitterung der ersteren gebildeten, Grundmasse. Im Albanergebirge sieht man so Brocken unzersetzter Lava eingebettet in Sperone. DANA⁴⁾ beschreibt ähnliche Verhältnisse von verwittertem Quarzit.

Werden die auf Spalten gebildeten Zersetzungsprodukte durch Wasser und Wind entführt, dann entstehen jene Blockmeere, die in Granitgebirgen so oft beobachtet werden, und die man für Zeugen

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 100.

2) J. ROTH, Allg. und Chem. Geologie I, S. 47 und 159.

3) BLUM, Neues Jahrb. f. Min. 1838, S. 497.

4) DANA, Americ. Journal 1884, II, S. 448.

einstiger „Erdrevolutionen“ hielt, bis GOETHE¹⁾ mit folgenden Worten die richtige Erklärung gab:

„Auf meiner Reise nach Karlsbad 1820 nahm ich den Weg über Alexanderbad, wo ich die seltsamen Trümmer des Granitgebirges wieder beobachtete. Mein Abscheu vor gewaltsamen Erklärungen, die man hier mit reichlichen Erdbeben, Vulkanen, Wasserfluthen und anderen titanischen Ereignissen geltend zu machen sucht, ward auf der Stelle vermehrt, da mit einem ruhigen Blick sich gar wohl erkennen liess, dass durch theilweise Auflösung wie theilweise Beharrlichkeit des Urgesteins, durch ein daraus erfolgendes Stehenbleiben, Sinken, Stürzen, und zwar in ungeheueren Massen, diese staunenswürdige Erscheinung ganz naturgemäss sich ergeben habe.“

Endlich spielt die chemische und physikalische Beschaffenheit der Gesteine eine so grosse Rolle bei der Verwitterung, dass man die Wetterbeständigkeit der Gesteine sogar zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht hat²⁾. Diese Studien haben freilich ergeben, dass dieselbe petrographische Gesteinsart sehr verschiedenartige Widerstandskraft besitzt; und wenn man z. B. die Wetterbeständigkeit Nr. 1 bei Granit, Syenit, Diabas, Grünstein, Porphy, Trachyt, Melaphyr, Basalt, Quarzfels, Dachschiefer, Kalkstein, Zechstein, Dolomit, Sandstein, Grauwacke, Vulkantuff gefunden hat, so gehören doch andere Varietäten, der gesperrt gedruckten Gesteine unter die Nr. 2 der Wetterfestigkeitsskala.

Die chemischen Vorgänge bei der Verwitterung sind am sorgfältigsten von BISCHOF³⁾ untersucht worden, der imstande war, auf Grund seiner Versuche 63 Gesetze der chemischen Verwitterung aufzustellen. Von besonderer Wichtigkeit scheint uns aber der in der Einleitung des citirten Werkes aufgestellte Satz: In der Erdkruste finden wir soweit wir sie kennen, stets diejenigen Stoffe miteinander gemischt, welche die schwerlöslichsten Verbindungen geben. Giebt ein Stoff mit mehreren anderen Stoffen schwerlösliche Verbindungen, so kommen die schwerlöslichsten am häufigsten vor. Wir werden später noch vergleichend auf diesen Satz zurückkommen müssen, der nichts anderes bedeutet, als dass das Gesetz der natürlichen Auslese, welches DARWIN mit so überzeugender Kraft für die organische Welt aufgestellt hat, auch für das anorganische Reich gilt. Geradeso wie von allen Thiervarietäten, welche im Laufe der Zeiten entstanden sind, diejenigen am längsten gelebt haben und am meisten verbreitet wurden, die am zweckmässigsten für den Kampf ums Dasein ausgestattet waren, so häufen sich auch in der Erdrinde diejenigen chemischen Verbindungen an, die am schwersten wieder zerstört werden können. Das Vorherrschen der Silikate, die grossen Mengen von aufgespeicherter Kohle in der Erdrinde beweisen das Gesetz ebenso, wie die Seltenheit von Kalilagern oder ähnlichen leichtlöslichen Verbindungen.

1) GOETHE, Annalen. Cotta 1876, Bd. XI, S. 456.

2) BOEHME, Mitth. k. Techn. Versuchsanstalt. Berlin 1885, S. 125. Erg.-Heft 1889, II.

3) BISCHOF, Lehrbuch der Chem. und Physik. Geologie. 2. Auflage 1863, Bd. I, S. 1.

Die mechanischen Veränderungen der Erdschichten durch chemische Verwitterung sind besonders von v. D. BROECK¹⁾ untersucht worden. Er zeigt, wie unregelmässig die Grenze zwischen verwittertem und gesundem Gestein ist; wie dieselbe meist eine vielfach gebogene Kurve darstellt; wie in den Verwitterungstaschen und Höhlungen das mechanische Gefüge der Schichten gelockert und gebogen wird; wie die unregelmässige Oberfläche des gesunden Gesteins scheinbar discordant überlagert wird von der Kappe der Verwitterungsprodukte; und giebt an einer Reihe von Bildern Gelegenheit diese Umwandlung zu verstehen. Bei Besprechung der Denudationsflächen, werden wir auf diese Verhältnisse nochmals zurückkommen.

Wir zeigten oben, dass der Gehalt des Regenwassers an chemisch wirksamen Stoffen eine grosse Rolle bei der Verwitterung spielt. Den besten Beweis hierfür bieten die Verwitterungsprodukte des Tropenlandes. Während die Mehrzahl der Stoffe, welche im gemässigten Klima aus der Zersetzung eisenhaltiger Mineralien hervorgehen, durch ihre gelbe, oder rostbraune Farbe anzeigen, dass in ihnen Eisenhydroxyd der wichtigste Gemengtheil ist, zeigen die entsprechenden Verwitterungsprodukte der tropischen Gegenden meist eine ziegelrothe Farbe. Diese rothen, an Eisenoxyd reichen Verwitterungsprodukte nennt man Laterit. Der Name wurde für die ziegelrothen und zum Häuserbau benutzten Verwitterungsgesteine der Malabarküste von BUCHANAN²⁾ gebraucht. Obwohl der chemische Vorgang der Lateritbildung noch nicht vollständig aufgeklärt ist, scheint es doch sicher zu stehen, dass nur eisenreiche Gesteine zu rothem Laterit umgewandelt werden, und dass die tropischen Gewittergüsse, abwechselnd mit starker Verdunstung eine massgebende Rolle dabei spielen.

Im Bewässerungsgebiet von Mineralquellen ebenso wie in der Nähe vulkanischer Gasexhalationen vollzieht sich die Verwitterung in anderer Weise, als unter dem Einfluss gewöhnlicher Meteorwasser, aber derartige Erscheinungen sind so lokal verbreitet, dass wir hier von einer eingehenden Betrachtung derselben absehen dürfen.

Dagegen sind die Verwitterungserscheinungen, welche das Meerwasser erzeugt, von grösserem Interesse. An den Küsten, wie am Boden des Meeres werden die Mehrzahl aller Gesteine durch die Einwirkung der Seesalze verändert und verwittert, nur lassen sich diese Verwitterungsvorgänge an der Küste deshalb so schwer verfolgen, weil die beständige Wellenbewegung und die Kraft der Brandung alle verwitterten Mineralien abwäscht. Daher mag es wohl auch kommen, dass man bisher diesen, geologisch so wichtigen, Vorgängen so wenig Aufmerksamkeit zugewandt hat.

Bei Torre del Greco³⁾ ist ein basaltischer Lavastrom ins Meer geflossen, dessen Reichthum an porphyrisch ausgeschiedenen Olivinkrystallen bemerkenswerth erscheint. Die Grundmasse der Lava ist stark verwittert und gelöst, während die Olivine herausragen, die Ober-

1) VAN DEN BROECK, Sur l'Alteration des roches quaternaires par les agents atmosphérique Bull. Soc. géol. 1877, S. 298, 1881, S. 295. Sur les Phénomènes d'Alteration des dépôts superficiels. Brüssel 1880.

2) BUCHANAN, Journey from Madras through Mysore, Canara and Malabar 1807, II, S. 440.

3) J. WALTHER und P. SCHIRLITZ, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1886, S. 315.

fläche der Lavafelsen ganz rauh machen, und zu etwa 60 % das Ufersediment bilden. Versuche mit Sandgebläse zeigten, dass hierbei nicht ein mechanischer Vorgang thätig war, dass vielmehr die chemische Lösungskraft des Seewassers die Lavagrundmasse auflöst und die Olivine ausspart. Mehrere Hundert Meter vom Strand bestand noch unter Wasser das ganze Sediment aus rostgelb verwitterten Olivinen.

Die Bimsteine¹⁾ die man so häufig in Tiefseeablagerungen findet, sind an ihrer Oberfläche in eine weiche, braune, thonige Substanz zersetzt, in anderen Fällen ist die zellige Struktur bis auf den mittleren Kern vollständig verschwunden, das Bimsteinstück ist in einen Manganknollen mit Bimsteinkern verwandelt. In manchen Gebieten der Tiefsee sammelte der Challenger eine Menge Bruchstücke von basischem Glas von Erbsen- und Walnussgrösse, die oberflächlich zu Palagonit umgewandelt sind, der sich im feuchten Zustand wie Käse schneiden lässt.

Basaltische Lapilli werden in der Tiefsee stark zersetzt. Es verwittert hierbei nicht nur die Basis, sondern Olivin und Augit werden gleichzeitig in secundäre Mineralien verwandelt, während der Plagioklas zimlich viel Widerstand leistet. Der Olivin ist meist so zersetzt, dass er nur an seinem Umriss erkannt werden kann.

Nach MURRAY²⁾ ist denn auch der Rothe Thon, der $\frac{1}{4}$ der gesamten Erdoberfläche als Tiefseegebilde bedeckt, wesentlich ein Verwitterungsprodukt vulkanischer Aschen und Lapillis.

Es wäre zu wünschen, dass die Verwitterung der Küstengesteine durch den Salzgehalt des Seewassers einmal sorgfältig studirt würde.

III. Eine hervorragende Rolle bei den Verwitterungsprocessen spielt die Organismenwelt. Alle Landpflanzen entnehmen einen Theil ihrer Nahrung aus dem Boden; in Folge dessen werden beständig dem Boden Substanzen entzogen und derselbe dadurch gelockert und corrodirt. Die Flechten³⁾ bewohnen selbst den kahlsten Felsboden. *Cladonia* überzieht dürre Sandflächen mit dichten Polstern; auf Felsen gedeihen Krustenflechten. Auf Schiefer, Quarzfels, sogar auf polirten Quarzrollsteinen gedeihen Flechten, ja sogar auf Fensterglas vermögen 47 Arten zu leben und ihrem Substrat Nährsalze zu entnehmen. *Sarcogyne privigna* dringt in den härtesten Granit, *Stereocaulon vesuvianum* überzieht schon nach 5—6 Jahren die Lavaströme italienischer Vulkane⁴⁾ und *Lecidea caerulea*, *Staurothele rupifraga*, *Sarcogyne pruinosa*, *Amphoridium Hochstetteri*, *Aspicilia flavida*, *Jonaspis melanocarpa*, *Jonaspis Prevostii* dringen in den festen Kalkstein mit ihren Hyphen ein.

Die Wurzelspitzen höherer Pflanzen⁵⁾ scheiden schwache Säure aus, mit Hilfe deren sie sich in Kalk, Dolomit, Magnesit, einzuätzen vermögen. Der Schaumkalk, welcher in der Umgebung von Jena die Decke vieler waldbedeckter Hochebenen bildet, ist meist mit vielgewundenen Löchern und Röhren durchsetzt, welche durch wachsende Baumwurzeln gebildet und erweitert worden sind. In den Sandstein-

1) MURRAY und RENARD, Deep Sea Deposits, S. 292.

2) THOULET, Comp. Rend. Acad. Paris 1890, S. 653.

3) BACHMANN, Der Thallus der Kalkflechten. Plauen 1892.

4) V. TCHIHATSCHEW, Neues Jahrbuch für Min. 1882, S. 72.

5) SACHS, Handbuch der Experim. Physiologie 1885, S. 188.

brüchen von Kraftsdorf sieht man Baumwurzeln mehrere Meter tief längs der Spalten in die Felsen eindringen; und es ist bekannt und durch PFEFFER¹⁾ genauer geprüft, dass wachsende Pflanzentheile auch eine sehr bemerkenswerthe mechanische Kraft besitzen und dadurch zur Zerstörung der Gesteine beitragen. Die obersten, durch Verwitterung zersetzten Schichten der Lithosphäre enthalten grosse Mengen von Bakterien. REIMERS²⁾ fand in Ackerkrume pro Cem 2,5 Millionen Keime, in 2 m Tiefe darunter nur 23,000 Keime pro Cem. Diese rasche Abnahme des Bakteriengehaltes in einer Tiefe von 1—2 m wurde durch viele andere Versuchsreihen durchgängig bestätigt. Der Keimgehalt von Leimboden betrug pro Cem in 2 m Tiefe noch 445,000 Keime, während in Kiesboden unter gleichen Umständen nur 70,000 Keime gezählt werden konnten.

Auch für die Umwandlung der Gesteine in lockere Ackerkrume spielt die Pflanzenwelt eine grosse Rolle. Wenn wir reinen Sand³⁾ in trockenem Zustand prüfen, so ergibt sich, dass die einzelnen Bodentheilehen lose nebeneinander liegen. Von einer Kohäsion zwischen den Bodenelementen ist keine Rede. Sehr erheblich ist hingegen die Kohäsion zwischen den Theilchen eines nassen Thonbodens. Die feinsten Partikelehen desselben finden sich eingeschlänmt zwischen den gröberen, und bilden gleichsam ein Cement, welches die letzteren miteinander verkittet.

Ganz andere Erscheinungen zeigt ein fruchtbarer, mit Vegetation bewachsener Kulturboden. Die Elemente desselben sind gewissermassen zu Systemen höherer Einheit, zu Krümelchen, Flöckchen, oder Bröckchen vereinigt, die erst ihrerseits durch Zusammenlagerung die Masse des Bodens bilden. In einem solchen Boden mit Krümelstruktur befinden sich nicht allein zwischen den Krümelchen Hohlräume, sondern auch zwischen den Elementen der Krümelchen sind feine Capillaren vorhanden, so dass der Boden leicht durchlüftet und leicht von Wasser durchzogen werden kann.

Wenn man bedenkt, dass in 1 gr Ackererde 300—500,000 Bakterien enthalten sind, so wird es verständlich, dass auch diese kleinsten Wesen eine, wenn auch noch wenig studirte, wichtige Rolle bei der Verwitterung spielen.

An der mechanischen Lockerung der Lithosphäre ist auch die Thierwelt theilhaftig. Die grabenden und wühlenden Thiere, Nager, Maulwürfe, Insektenlarven und ganz besonders die Regenwürmer tragen zur Zerstörung der Gesteine mit bei.

Im Süsswasser sind es besonders gewisse Algen welche zerstörend auf die Gesteine einwirken. Im Bodensee bei Stein gräbt sich *Isaktis constricta* mäandrisch gewundene Furchen in Rollsteine. Gross ist die Zahl der marinen Organismen, welche die Verwitterung der Küstengesteine durch das Meerwasser unterstützen. *Laminaria* klammert sich so fest an die Felsen, dass sie nur mit ihrem Untergrund abgerissen und an den Strand geworfen werden kann. Das Heer der bohrenden

1) PFEFFER, Abh. d. K. S. Ges. d. Wissensch. 1893.

2) REIMERS, Ueber den Gehalt des Bodens an Bakterien. Diss. Jena 1889.

3) V. D. GOLTZ, Handb. der Ges. Landwirtschaft, II. — DETMER, Bodenkunde, S. 61.

Würmer, Seeigel und Muscheln zerlöchert die Felsen und wohin wir auf der Erdoberfläche blicken, überall sehen wir Vorgänge, welche die Aussenseite der Lithosphäre zu lockern thätig sind.

Die durch chemische, physikalische und organische Verwitterung gelockerten obersten Schichten der Lithosphäre unterliegen, selbst ohne das Hinzutreten spezifischer Transportkräfte, durch den blossen Einfluss der Schwere häufigen Bewegungen, und mit HEIM¹⁾ theilen wir diese Massenveränderungen in Bergstürze, Abrutschungen und Schlammströme ein.

Die Bergstürze, oder wenn sie nur kleine Felsheile betreffen, die Steinschläge lösen mehr oder minder grosse Felsmassen durch Klüfte von den Felsen ab, und je nach der Bodenbeschaffenheit stürzt die abgelöste Masse in beträchtliche Tiefe. In der Mehrzahl der Fälle ist es die physikalische Verwitterung, welche Steinschläge hervorruft. Wenn während der Nacht das Wasser in den Felsspalten einer Bergwand gefroren, und die erweiterten Spalten nur von der dünnen Eisschicht noch geschlossen waren, dann bewirkt die steigende Temperatur des Tages, dass das Eis schmilzt und die Steine verderbenbringend auf den Pfad des Alpensteigers herabstürzen. Durch Entfernung²⁾ stützender Massen, durch grössere Belastung, durch Erdbeben und verwandte Ursachen, werden Bergstürze und Steinschläge vielfach im Hochgebirge hervorgerufen.

An den Gehängen³⁾ des Hochgebirges bilden sich häufig ohne Wirkung des fließenden Wassers, bloss durch Nachbrechen der Felsen wilde Rinnsale, Kamine und Schluchten aus, die bis in die höchsten Regionen hinaufreichen. Diese Furchen können sich allmählig in Wildbäche umwandeln, oder zum Absturz von Lawinen dienen. Die Beweglichkeit frischer Schutthalden ist oft so gross, dass ein Tritt genügt, um ein Nachgleiten bis oben an die Felswand zu bewirken. So wälzt sich ein beständiger Strom von Felsstrümmern von den Kämmen, Gipfeln und Gehängen dem Thale zu, und bewegt in jeder Sekunde mehrere Kubikmeter bergab. Bergstürze sind eine schon lange vor dem Niederstürzen vollendete Verwitterung, mit momentaner Auslösung, dagegen bewegen sich diese Schutthalden beständig zu Thale.

Die Verheerungen, welche 1806 bei Goldau und 1881 bei Elm durch Bergstürze hervorgerufen wurden, sind so bekannt, dass eine Schilderung derselben hier unterbleiben kann.

Bergstürze und Steinschläge sind überaus häufig an der Innenwand der Somma im Atrio del Cavallo. Hier scheint die Deflation durch Wegblasen lockerer stützender Tuffschichten die harten Lavagänge und Ströme zu Fall zu bringen. Am Fuss der Sommawand liegen zahllose Felsblöcke und Steinhaufen, und zu jeder Tageszeit halt das Nachstürzen und Herabpoltern weiterer Steine durch die Lavawildniss. Manche spaltenreiche Lavagänge haben durch die beständigen Steinstürze tiefe Furchen in die Gehänge hineingeschnitten, während andere homogene Gänge als erhabene Mauern aus den Tuffwänden herausragen.

1) HEIM, Ueber Bergstürze. Zürich 1882.

2) POLLACK, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt Wien 1882, S. 575.

3) HEIM, Mechanismus der Gebirgsbildung, I, S. 331.

Bergstürze und Steinschläge beobachtet man nicht selten in der Wüste, wo durch physikalische Verwitterung und Deflation alle Abhänge angegriffen werden.

Eine zweite Gruppe von Bodenbewegungen sind die Abrutschungen des Gehängeschuttes, die im Princip und auch oft in der Praxis kaum von Steinschlägen oder Bergstürzen zu trennen sind; nur bewegen sie sich im Allgemeinen in sehr langsamem Tempo.

HEIM hat mit Nachdruck betont, dass die abräumende Thätigkeit der Erosion nicht von oben nach unten, sondern von unten nach oben wirkt. Dass also der im Thale fließende Fluss oder Bach die untersten Schuttmassen hinwegräumt, und dass infolgedessen die darüberliegende Masse des Gehängeschuttes in einer zur Flussrinne senkrechten Richtung thalabwärts, dem transportirenden Wasser zugeleitet.

Diese Abrutschung¹⁾ des Verwitterungsschutts ist in der Regel ein so langsam verlaufender Vorgang, dass seine Wirkung oft erst nach vielen Jahren erkannt werden kann. In anderen Fällen wird er unterbrochen von relativ rascheren Bodenbewegungen.

Durch solche langsame Abrutschungen werden in den Alluvialschichten der Erdrinde kleine Ueberschiebungen, Faltungen, Stauchungen, Durchknetungen erzeugt, die oft irrthümlicherweise als Wirkung von Gletscherdruck beschrieben worden sind. Das bekannte Hakenwerfen aufgerichteter Schichten, bei denen die ausgehenden Schichtenköpfe thalabwärts umgebogen sind, und viele scheinbare Faltungen in thonigen Bodenarten, die von TH. FUCHS²⁾ zuerst erkannte Erscheinung, dass Flussschotter in terrassenförmigen Stufen absinken, gehören hierher.

Eine dritte Gruppe von mehr lokalem Charakter umfasst die Schlammströme oder Murrbrüche. Auf³⁾ stark geneigtem Boden, und bei Anwesenheit grosser Schuttmassen kann unter dem Einfluss rascher Schneeschmelze oder nach heftigem Regen das gesammte Schuttmaterial eines Thales so aufgeweicht werden, dass es sich als ein teigartiges Gemenge von $\frac{1}{3}$ Wasser und $\frac{2}{3}$ Schlamm und Steinen, wie ein dicker Brei thalabwärts bewegt, und weite Strecken überschüttet.

Im Tropenlande wird der meiste gebildete Schutt durch eine dichte Vegetationsdecke zusammengehalten und den Angriffen der transportirenden Kräfte entzogen. Unaufhaltsam schreitet aber unter dem Einfluss starker Niederschläge die chemische Verwitterung weiter, lockert immer tiefere Gesteinsschichten und erzeugt jene oft 100 m mächtige Decke, an Ort und Stelle zersetzter, Verwitterungsprodukte. Reichliche⁴⁾ Niederschläge und eine hohe Lufttemperatur sind nothwendig für diesen Vorgang der Tiefenzersetzung oder cumulativen Verwitterung.

-
- 1) V. HOFF, Geschichte der natürl. Ver., III, S. 19.
REYER, Jahrb. k. k. Geol. R.-A. Wien 1881, S. 431.
ST. HUNT, Americ. Journal 1883, II, S. 211.
 - 2) V. LASAULX, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1879, S. 467.
BISCHOFF, Lehrb. d. ph. und chem. Geologie, S. 472, 548.
BALZER, Neues Jahrb. für Min. 1875, S. 15.
 - 3) TH. FUCHS, Jahrb. k. k. Geol. R.-A. Wien 1872, S. 309.
 - 4) NEUMAYR, Erdgeschichte, I. S. 421.
 - 4) V. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 112.

4. Ablation und Transport.

Während in dem Fall der cumulativen Verwitterung der gesteinsbildende Vorgang mit dem Verwitterungsprocess abschliesst, während bei der Bildung vulkanischer Gesteine, wie wir in einem späteren Abschnitt zu zeigen haben, die Folge lithogenetischer Prozesse mit dem Transport an der Erdoberfläche beginnt — schaltet sich in der Regel zwischen Verwitterung und Transport die Ablation¹⁾ ein. Das durch Verwitterung gelockerte, leicht bewegliche Gesteinsmaterial wird durch transportirende Kräfte vom Erdboden aufgehoben, und dann weiter geführt. Aber bei der engen Verknüpfung von Ablation und Transport, bei dem untrennbaren Zusammenhang, in welchem beide Vorgänge meistens stehen, scheint es berechtigt, die Ablation nicht isolirt zu betrachten, und dieselbe zusammen mit dem Transport zu behandeln.

Nur bei ganz weichen, lockeren Gesteinen kann die Denudation ihr Werk ohne Verwitterung beginnen, in der Regel wird vorher durch physikalische, chemische und organische Veränderungen die Härte und Konsistenz des Gesteins vermindert. $\frac{5}{8}$ der Erdoberfläche ist mit Wasser bedeckt und kein Theil des Festlandes, selbst nicht die trockenste Wüste, ist absolut frei von atmosphärischen Niederschlägen. Daher ist die chemische Verwitterung vom Pol bis zum Aequator, wenn auch mit wechselnder Kraft überall wirksam. Enger ist das Verbreitungsgebiet der physikalischen Verwitterung, denn Temperaturschwankungen sind nur auf dem Festland zu beobachten und der Grund des Meeres ist ihrer Wirkung vollständig entzogen. Noch enger ist die Wirkungssphäre der durch Organismen bedingten Verwitterung, denn dieselbe wird im Wesentlichen durch die festländischen Pflanzen bewirkt, und das Thierreich nimmt nur in der Brandungszone und gewissen Theilen der Flachsee einen merklichen Antheil daran.

Die weite Verbreitung chemischer Veränderungen bei allen Verwitterungsvorgängen macht es verständlich, dass die Verwitterung in ihren wesentlichen Charakteren über die ganze Erde hinweg gleichartig verläuft. So verschieden auch die rothe Farbe des Laterits von dem Gelbbraun des Lehmes ist, im Grunde genommen sind beide Produkte doch sehr nahe verwandt.

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 135 f.

Wenn die Denudation nur aus Verwitterung bestände, so würde sie über die ganze Lithosphäre hinweg einen ziemlich gleichartigen Charakter besitzen, und nur geringe regionale Unterschiede zeigen. Aber durch die grosse Verschiedenartigkeit der Transportkräfte ergeben sich Unterschiede für den Charakter der Denudation, die so in die Augen fallen, dass man den Denudationsvorgang nach dem Vorherrschen der einen oder anderen Transportkraft leicht und ohne Mühe unterscheiden kann. Der Transport zersetzter Gesteinsmassen, die Art der Ablation, die Art der Verfrachtung, und die Einwirkung der transportirten Fragmente auf den Untergrund, (die wir als Corrasion bezeichneten), sind grundverschieden, je nachdem Wind, fließendes Wasser, Gletschereis oder Meereswellen dabei thätig sind, und infolgedessen unterscheiden¹⁾ wir darnach auch 4 verschiedene Typen der Denudation:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) Verwitterung (chemische, physikalische, organische) | |
| 2) Ablation | } = Denudation: |
| 3) Transport | |
| 4) Corrasion | |
| | |
| | II. durch fließendes Wasser = Erosion |
| | III. durch Gletschereis = Exaration |
| | IV. durch das Meer = Abrasion |

1) Anmerkung: Ich muss über die hier gebrauchten Begriffe und Worte einige historische Bemerkungen hinzufügen: Denudation ist ein, in der englischen Literatur (s. B. POULETT SCROPE Considerations on volcanos 1825, S. 221) seit Langem gebrauchtes Wort, dessen sinnerechte Bildung (denudo, entblöße) sich vollkommen deckt mit dem Begriff der Abtragung gelockerten Materials von der Aussen- seite der Lithosphäre und der Entblößung der unzersetzten frischen Gesteinsober- fläche. Nachdem es LYELL in seinen Principles of Geology 1872, S. 104, v. RICHTHOFEN in seinem Führer für Forschungsreise 1886, S. 499, CREDNER in seinen Elementen der Geologie 1891, S. 233, KAYSER in seiner Allgemeinen Geologie 1893, S. 279 in dem angegebenen Sinne gebraucht hat, ist seine Einführung in die deutsche geologische Literatur geschehen, und das von STÜDER in seinem Lehrbuch der Physik. Geographie und Geologie 1844, S. 333 gebrauchte Erosion, welches noch vielfach synonym angewandt wird, konnte daher nicht als allgemeiner Begriff fest- gehalten werden.

Mit einiger Konsequenz hat man vielfach neuerdings das zuletzt genannte Wort Erosion auf die denudirende Thätigkeit des rinnenden Wassers angewandt. So lange man nur die denudirende Thätigkeit des Regenwassers und Schmelzwassers als exogene geologische Kraft kannte, durfte man Erosion in jenem allgemeineren Sinne gleich Denudation setzen, aber seitdem man die Thätigkeit der Gletscher, des Meeres, des Windes erkannt hat, und in ihnen mächtige denudirende Kräfte zu sehen sich gewöhnte, muss das Wort Erosion sich mit einer etwas weniger um- fassenden Bedeutung begnügen.

Schon POULETT SCROPE spricht 1826 von der „abrasive“ force of the ocean. Dann hat RAMSAY die Denudation durch das Meer als eine bemerkenswerthe geologische Kraft betont, G. DAVIDSON hat (Proc. Calif. Acad. Sci. Mai 1873) dafür Abrasion gebraucht und v. RICHTHOFEN hat das Wort Abrasion weiter eingeführt, um damit die denudirende Thätigkeit der Brandung zu bezeichnen (Führer für Forschungsreise 1886, S. 356). Das Wort ist rasch in die Literatur überge- gangen.

Für die denudirende Thätigkeit des Windes habe ich das Wort Deflation gebildet (Abb. der K. Sächs. Ges. der Wissensch. 1891, Bd. XVI, S. 382), das von CREDNER und KAYSER in ihre Lehrbücher ebenfalls aufgenommen wurde.

Leider ist es mir nicht gelungen in der Literatur ein entsprechendes Wort für die Denudation durch Gletschereis zu finden. Das vielfach gebrauchte „Glazial-erosion“ können wir aus den oben angeführten Gründen nicht anwenden, denn Erosion ist von altersher eine Bezeichnung für die Thätigkeit des fließenden Wassers, und ist nur in den letzten Jahrzehnten auch auf andere Vorgänge über-

I. Die auf der Landoberfläche am weitesten verbreitete Transportkraft ist der Wind. Vom Pol bis zum Aequator, von der Meeresküste bis zu den eisigen Gipfeln des Hochgebirges, überall beobachten wir bewegte Luft; und wenn man ihre denudierende Thätigkeit lange Zeit hindurch nicht recht gewürdigt hat, so liegt das daran, dass in Mitteleuropa die meisten Flächen des Landes mit Vegetation überzogen sind, welche das darunter liegende Gestein vor der ablatirenden Thätigkeit des Windes schützt. Selbst in den Wüsten, wo die Deflation alle anderen Denudationskräfte übertrifft, hat man die Thätigkeit des Windes mehr in der Corrasion als in der Ablation erblickt, und daher die Denudationskraft des Windes, die Deflation sehr unterschätzt.

Von den Gegenden ¹⁾ eines hohen Barometerstandes strömt die Luft nach den Gebieten geringeren Luftdruckes. Diese Ausgleichsbewegungen in der Atmosphäre nennen wir Wind, und unterscheiden die vertikale von der horizontalen Luftbewegung. Vertikale Luftbewegungen sind für das ganze Tropengebiet charakteristisch. Unter dem Einfluss der starken Erwärmung steigt hier beständig die Luft nach oben, und leitet dadurch jene Luftcirculation ein, die wir als Ursache der Passatwinde noch zu besprechen haben. Auf engerem Raume sehen wir vertikale Luftströmungen in den Wirbelwinden und Cyclonen. Dieselben entstehen nicht durch entgegengesetzte Windströmungen, die sich aneinander reiben, sondern sind die Kanäle, ²⁾ durch welche nach oben oder nach unten ein Ausgleich verschieden dichter Luftschichten erfolgt. Lange Zeit hindurch können verschieden schwere Luftschichten in labilem Gleichgewicht verharren. Wird aber an einer Stelle das Gleichgewicht gestört, dann findet von hier aus eine ausgleichende Luftströmung statt. Hierbei werden grosse Mengen verwitterten Gesteinsmaterials (Staubes) vertikal emporgetragen.

Am 10. Juni 1858 beobachtete VOM RATH ³⁾ bei Königswinter eine Staubsäule, welche nach der Höhe des Drachenfelsens auf 600 m geschätzt werden konnte. Durch mächtige kreisende Windströmungen wurden grosse Mengen von Staub und Erde emporgehoben, die schwereren Theile fielen wieder herab, leichteres Material wurde zu beträchtlicher Höhe getragen. Als der Wirbelwind den Rheinspiegel erreichte, hob er eine grosse Wassermasse 6—10 m hoch empor.

Bei Gospa am Persischen Golf beobachtete WOLKOWITZ ⁴⁾ oft Windhosen, welche den Staub hoch emporwirbelten; ihre transportirende Thätigkeit erlahmte, sobald sie auf pflanzenbewachsenen Boden wanderten; und wenn sie einen Fluss überschritten, so hoben sie das Wasser empor.

tragen worden. Da die abhebende vorwärtsschiebende und einschneidende Thätigkeit des Gletschereises sich gut vergleichen lässt, mit der Wirkung eines Pfluges (rarare pflügen), welcher lockeres Material abhebt, bewegt, und weiterschiebt, der aber auch in festere Gesteine Ritzen und Schrammen einzugraben vermag, so werde ich in den folgenden Betrachtungen die denudirende (d. h. ablatirende und transportirende und corradirende) Thätigkeit des Gletschereises als Exaration bezeichnen.

1) MOHN, Grundzüge der Meteorologie, S. 127.

2) REYE, Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen 1880.

3) POGGEND. Annalen, CIV, S. 632.

4) Annal. für Hydrogr. 1887, S. 437.

Das trockne ¹⁾ Staubmaterial wird in den amerikanischen Wüsten oft durch Wirbelwinde bis zu grossen Höhen aufgewirbelt. Diese schwankenden und sich drehenden Staubsäulen, oft 600—1000 m hoch, die sich wie Rauchwolken von der Ebene erheben, sind eine charakteristische Erscheinung jener Gegenden. Nach COLLADON tragen solche Tromben Staub und Sand bis in Höhen von 700 m, dort wird derselbe von horizontalen Luftströmungen verstreut.

PICTET ²⁾ beobachtete am 2. Juni 1873 bei Abassieh in der Nähe von Cairo die Entstehung eines Wirbelwindes. Um 10 Uhr 5 M. Vormittags begann die drehende Luftbewegung, 10 Uhr 15 M. steigerte sie sich, 10 Uhr 30 M. war die Trombe 20 m hoch, 11 Uhr 500 m hoch. Die Umdrehungsgeschwindigkeit betrug an der Peripherie 10—12 m. Um 11 Uhr 50 M. begann die Windhose bei leichtem Südwind langsam zu wandern, um 12 Uhr Mittags war sie stationär und erreichte eine Höhe von 1000 m. Um 2 Uhr wanderte sie langsam nach Osten, 3 Uhr 30 M. verschwand sie am Mokattamgebirge. Die ganze Zeit hindurch hatte die Trombe beständig Staub und Sand emporgewirbelt. Nach FERREL ³⁾ sind alle Windhosen hohl, d. h. die emporgetragenen Fremdkörper schweben nur in ihrer Peripherie.

Ich habe in den ägyptischen und nordamerikanischen Wüsten vertikale Wirbelwinde sehr häufig beobachtet; oft zogen 3—6 Tromben hintereinander über die Ebene.

In Centralasien ⁴⁾ und besonders in allen Lössgegenden ist oft bei vollkommener Windstille die Luft mehrere Tage lang gelb und undurchsichtig. Am meisten haben diese Eigenschaft die Staubstürme, welche jedem Besucher von Tientsin und Peking wohl bekannt sind. Der Wind weht dann von Centralasien her. Wenn er sich beruhigt, bedeckt sich Alles mit einer feinen gelblichen Staubschicht. In Shensi, wo die Luft nur selten klar und durchsichtig ist, hat die ganze Landschaft einen gelben Ton.

Der Boden des Landes Khotan ist meist sandig und ganz frei von Steinen. Er ist sehr fruchtbar und verdankt dies dem Umstand, dass der feine Staub durch die Luftströme von der Wüste herbeigeführt und auf den Ebenen abgelagert wird. Auch wenn kein Wind wehte, war die ganze Atmosphäre so dick mit Staub erfüllt, dass JOHNSTON am Mittag Licht anzünden musste um grossen Druck zu lesen. Der niederfallende Staub war von ausserordentlich feiner Beschaffenheit, von heller Farbe und gleich zu Pulver geriebenem Thon.

Der rothe Staub, der an der Westküste von Nordafrika die Luft auf Tagereisen trübt, und der Schifffahrt sogar als Nebel gefährlich werden kann (Passatstaub) besteht nach EHRENBURG ⁵⁾ bis zu $\frac{1}{6}$ des Volumens aus Diatomeenresten, die zwar auf einen festländischen Ursprung schliessen lassen, aber doch die Herkunft des Staubes noch nicht erklären.

1) RUSSEL, Rep. U. S. Geol. Survey, III, S. 197.

2) PICTET, Archives des Sc. Phys. et. Nat. 1879, S. 37.

3) FERREL, Americ. Journal 1881, II, S. 48.

4) v. RICHTHOFEN, China, I, S. 97.

5) EHRENBURG, Abh. Acad. d. Wissensch. Berlin 1846, S. 269.

Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. 1862, S. 533.

Die ausgedehnte Vegetationsdecke verhindert es in unserem Klima, dass Wirbelwinde eine bemerkenswerthe Wirkung ausüben. Aber in den vegetationslosen Gebieten der Hochalpen sind vertikale Luftströmungen wieder von grosser Bedeutung. THEOBALD¹⁾ beobachtete 1865 auf der Calanda, dass Kalkschieferstücke von mehreren Zoll Durchmesser einen Fuss hoch durch einen Wirbelwind emporgehoben wurden; und STUR²⁾ macht auf die Bedeutung vertikaler Luftströmungen für die Bildung gewisser Lehmart in den Alpen aufmerksam. Fast überall wo horizontale Winde an einen Widerstand stossen, erzeugen sie gleichzeitig auch eine vertikale Luftbewegung, und so kommt es, dass alle verwitterten Massen, Sandkörner und Staub emporgewirbelt und dann von dem Wind horizontal weiter getragen werden. Es kommt hierbei die Thatsache zur Geltung, dass die Dichte³⁾ von Staubtheilchen, mag sie auch in Wirklichkeit die Dichte der Luft erheblich übersteigen, durch eine Gashülle vermindert wird, die an ihrer Oberfläche haftet, und ihnen bei ihren Bewegungen folgt.

Die horizontale Luftbewegung, oder der „Wind“ im engeren Sinne, erfolgt in vielen Regionen der Erde aus einer bestimmten Richtung, die man die vorherrschende Windrichtung nennt. Eine Zone von Windstillen, die tropische Kalmenregion zieht sich in einer Breite von 300—1000 km um den Aequator. Nördlich derselben, etwa bis zum 30. Breitengrad weht das ganze Jahr an der Oberfläche des Meeres der Nordostpassat, während auf der südlichen Halbkugel zwischen Kalmen und 30° Breite der Südostpassat herrscht. Die Passatzone wird dann weiter nördlich bzw. südlich von einer anderen Windstillenregion begrenzt, jenseits deren westliche Winde herrschen.

Dieser gesetzmässige Verlauf der Winde wird aber durch kleine und grosse Festländer in bemerkenswerther Weise abgeändert. Indem⁴⁾ diese Flächen im Winter stark erkalten, im Sommer aber um so stärker erwärmt werden, verwandeln sie sich abwechselnd in Regionen des stärksten und des niedrigsten Luftdruckes, und werden dadurch bald der Ausgangspunkt für kalte, schwere und trockene Landwinde, bald ein Sammelpunkt für leichtere, feuchte Seewinde.

Mässiger⁵⁾ Wind durchläuft in einer Stunde 7,5 km

starke Brise " " " " 20 "

frischer Wind " " " " 32 "

schwerer Wind " " " " 45 "

Sturm " " " " 55 "

Orkan " " " " 110 "

schwerer Orkan " " " " 160 "

Wenn sich die Luftbewegung an der Erdoberfläche reibt, so vermindert sich ihre Geschwindigkeit. HERGESELL⁶⁾ beobachtete in Strassburg an der 144 m hohen Spitze des Münster eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 6 m in der Sekunde, während gleichzeitig auf einem 100 m hohen Turm eine geringere Geschwindigkeit zu er-

1) Jahrbuch Schweizer Alpenklub 1868, S. 534.

2) STUR, Verhandl. Geol. Reichsanstalt Wien 1872, S. 185.

3) THOULET, Océanographie, I, S. 164.

4) CZERNY, Petermanns Ergänzungsheft Nr. 48, S. 3.

5) Archiv für Seewesen 1866, S. 85.

6) Verh. d. X. deutschen Geographentages, S. XXI.

kennen war, die sich an klaren Tagen auch hier bis über 6 m steigern kann, während in tieferen Luftschichten eine wesentliche Abnahme durch die Reibung erfolgt.

Da diese Hemmung der Windgeschwindigkeit und Windstärke besonders durch Wälder und andere Vegetationsdecken erzeugt wird, so beobachtet man in vegetationslosen Wüsten schon an der Erdoberfläche sehr beträchtliche Geschwindigkeiten der Luftbewegung, und daraus erklärt sich die grosse Bedeutung der Deflation in der Wüste.

Nach SOKOLOFF¹⁾ transportirt ein Wind von der Geschwindigkeit von

4,5— 6,7 m in der Sekunde, Sandkörner von 0,25 mm Durchmesser									
6,7— 8,4 " " " " " " " " " "	"	"	"	"	"	0,50	"	"	"
8,4— 9,8 " " " " " " " " " "	"	"	"	"	"	0,75	"	"	"
9,8—11,4 " " " " " " " " " "	"	"	"	"	"	1,00	"	"	"
11,4—13 " " " " " " " " " "	"	"	"	"	"	1,50	"	"	"

Kein Wunder also, dass die deflatirende Wirkung des Windes gewaltige Massen verwitterten Materials aufhebt und weiter transportirt.

An der Ostseite²⁾ von Gibraltar wird der Dünenand durch Stürme nahezu 1000 m hoch getragen.

In Mexiko³⁾ werden 600 m hohe Sandwolken beobachtet.

ANDRAU⁴⁾ berichtet von einem, trockenen, rothen Staub führenden Wind bei 38° C. auf der Rhede von Tunis im Juli 1844.

DUTHIEUL erlebte einen Staubwind im Mai 1857 in Bagdad. Die Sonne, durch den Staub verdunkelt, hatte die Blässe des Mondes. Der Staub drang in die Zimmer. Der Himmel war roth gefärbt, wie bei einer Feuersbrunst. Der Wind hatte um 3 Uhr begonnen, und nach Sonnenuntergang verminderte sich der ziegelrothe Staub noch immer nicht. Der Sturm bildete keine Trombe, sondern eine gleichmässige Staubdecke. 300 km südlich von Bagdad herrschte derselbe Staubwind gleichzeitig mit solcher Heftigkeit, dass englische Reisende bei Hilleh 4 Stunden lang, das Gesicht auf der Erde, liegen bleiben mussten.

CONTJEAN⁵⁾ beobachtete bei Corinth eine Höhlung von 3 m Höhe und 8 m Breite, deren Entstehung durch Deflation leicht zu beweisen ist, da heftige Winde noch jetzt diese Höhlung erweitern, indem sie Sandbröckchen abtragen.

Eine grosse Menge von Beispielen für die ablatirende Thätigkeit des Windes und die Transportkraft der Deflation hat CZERNY⁶⁾ gesammelt. Auch SCHIRMER⁷⁾ hat eine Anzahl Beispiele aus der Sahara zusammengestellt.

DUVEYRIER⁸⁾ beobachtete am 28. April 1861 eine ungeheure röthliche Sandwolke, ausschend wie eine gewaltige Feuersbrunst, welche

1) SOKOLOFF, Comptes Rend. Acad. Paris C. 1885, S. 473.

2) SCHARENBERG, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1854, S. 503.

3) VIRLET D'AUUST, Bull. geol. 1857, nach Neues Jahrb. f. Min. 1859, S. 218.

4) DOVE, Das Gesetz der Stürme 1873, S. 69.

5) CONTJEAN, Compt. Rend. Acad. Paris 1889, S. 1208.

6) CZERNY, Petermanns Erg.-Hefte, X, S. 34.

7) SCHIRMER, Le Sahara 1893, S. 144.

8) DUVEYRIER, Les Touareg du Nord, S. 40.

von SW nach NO mit der Geschwindigkeit eines heftigen Windes wanderte.

Am 29. Januar 1874 erlebte JORDAN¹⁾ einen 30 Stunden anhaltenden Samum. Der Sand prasselte in Stößen, die sich ungefähr alle 10 Sekunden wiederholten, wie ein Platzregen gegen die Leinwand, welche wie ein feines Sieb wirkte, und einen ganz feinen Staub in Menge durchliess.

Am 19. April 1887 ritt ich über die Ebene von Burdess an der Sinaihalbinsel. Das Wetter war klar, die Luft liess auf 40 km jede Einzelheit erkennen. Da wälzte sich gegen 11 Uhr von Norden her eine Nebelmasse heran, von etwa 300 m Höhe. Sie verhüllte zusehends einen Berg nach dem anderen, und nach 20 Minuten war ich in einer so dichten Staubwolke, dass man nicht 200 Schritt weit sehen konnte. Nach kurzer Zeit zogen Sandwolken über meine Karawane hinweg mit solcher Kraft, dass man sich kaum auf dem Kamelrücken halten konnte.

Sogar weit hinaus ins Meer wird der Sand und Staub vom Wind getragen. Am²⁾ 21. September 1885 bemerkte v. BENKO vom Schiffe aus eine riesige Sandwolke, welche sich von der arabischen Küste gegen Aden bewegte und weiter seewärts wälzte.

Schmetterlinge³⁾ und Heuschrecken werden von Afrika aus bei Westwind 700 km weit in den Atlantik getragen. Es kommen zwar auch an den Argentinischen und Chinesischen Küsten Staubbenebel auf offener See vor, aber nirgends so küstenfern wie westlich von Afrika, das durch die intensive Hitze vertikale Luftströmungen so hoch emporsendet.

Nicht⁴⁾ geringen Einfluss auf die Denudation von Kerguelensland hat der vorherrschend wehende, fast orkanartige Westwind. Er verhindert an den ihm ausgesetzten Berggehängen die Vegetation, indem er Pflanzen und Humus von ihrer Unterlage losreisst, und die Felsfläche dem Regen bloslegt. Bei heftigen Stürmen ist die Luft erfüllt mit *Azorellarasen*, Sand und Humustheilen, welche der Orkan losgerissen hat.

Das Nackte⁵⁾ der Felsmassen hoher Gipfel und Rücken in den Alpen erhält sich in vielen Fällen nur durch den Wind, der alle aufgeloockerten Theile, in welchen die Vegetation Fuss fassen könnte, wegführt. Es ist die heftige Bora, welche die Plateaufläche des Karstes reinfegt, es ist grösstentheils der Mistral, der nach Ausrottung der Wälder, die Kalkgebirge bei Toulon und eines grossen Theiles der Provence von aller Dammerde entblösst hat.

In Wüstengebieten, wo die denudierende Wirkung des Windes jede andere Transportkraft überwiegt, lassen sich auch Zahlen für die Intensität der Deflation gewinnen. Nach den Beobachtungen von FLINDERS PETRIE⁶⁾ ist bei Daphnae in Aegypten ein Hügel von 10 bis 12 m Höhe innerhalb 2000 Jahren durch den Wind abgetragen

1) JORDAN, Kölnische Zeitung 15. April 1874.

2) v. BENKO, Die Reise S. M. Schiffes Frundsberg 1888, S. 61.

3) DINKLAGE, Ann. für Hydrographie 1889 und 1890.

4) STUDER, Forschungsreise der Gazelle, III, S. 77.

5) STUDER, Lehrbuch der Phys. Geogr. und Geol., S. 334.

6) FLINDERS PETRIE, R. Geogr. Soc. 1889, S. 647.

worden; bei Tell Nebesheh eine Erdschicht von 2,5 m in 2600 Jahren. Bei Kantara am Sueskanal wurde ein Fundament in historischer Zeit um 12 m entblöst. Darnach würden dort pro Jahrhundert durchschnittlich 10 cm abgetragen.

II. Da die transportirende Thätigkeit des Windes durch eine geschlossene Vegetationsdecke verhindert wird, so unterliegen der Deflation nur die Wüsten, die Polargebiete und die Hochgebirge in stärkerem Masse, während in unserem Klima das fließende Wasser die vornehmste Transportkraft ist, und demgemäss die Erosion am häufigsten beobachtet werden kann.

Ueberall¹⁾ wo Wasser oder Eis der Luft eine freie Oberfläche darbietet, geht ein Theil desselben in Dampfform über, d. h. verdunstet. Die Grösse der Verdunstung ist um so höher, je trockener die Luft und je höher die Temperatur ist; auch die Bewegung der Luft erhöht die Menge des verdunsteten Wassers. In Cumana verdunstet jährlich eine Wasserschicht von 3520 mm, in der Wüste²⁾ von Californien von 1—2 m, in Holland von 600 mm. Nach AGASSIZ³⁾ verdunstet an einem Gletscher im Jahre eine 3500 mm dicke Eisschicht.

Die bei der Verdunstung entwickelten Dämpfe haben das Bestreben, sich als selbstständiger Dunstkreis über die Erde zu verbreiten, aber da die Atmosphäre dem Durchgang der Dämpfe einen Widerstand entgegensetzt und sich niemals im Zustand vollkommener Ruhe befindet, so ist die Vertheilung des Wasserdampfes in der Luft eine sehr ungleichmässige. In Sibirien beobachtet man 0,4 mm Dampfdruck, während er im äquatorialen Afrika auf 26 mm steigt.

Die Feuchtigkeit der Luft fällt als Regen, Thau, Schnee und Hagel zur Erdoberfläche herab, aber verschiedene Regionen zeigen sehr verschiedene Regenmengen. Die grösste Menge, mit 14,200 mm im Jahre hat man in Cherrapoonjee nördlich von Calcutta beobachtet. In Sierra Leone fällt 4800 mm Regen, auf den canarischen Inseln 230 mm, in den Wüsten sinkt die Regenmenge oft bis nahe an Null, doch ist keine Gegend der Erde absolut regenlos. Auf⁴⁾ den Capverden regnet es oft 3 Jahre lang gar nicht. Im Amargosathal⁵⁾ in Californien verirrte sich eine Goldsucherkarawane und fand ihr Ende durch Hunger und Durst. Elf Jahre später kam Dr. OWEN dahin, und konnte trotz dieser langen Zwischenzeit genau der Wagenspur der Emigranten folgen, fand ihre Lagerplätze und Feuerstellen ebenso frisch, als seien sie erst Tags zuvor verlassen, das Eisen ihrer Wagen vollständig erhalten. Es muss also in dieser Zeit wenig oder gar kein Regen dort gefallen sein.

Während das Tropengebiet durch eine hohe Luftfeuchtigkeit und starke Regenmenge ausgezeichnet ist, kann man⁶⁾ zwischen dem 30° und 40° N. Br. und dem 20° und 30° S. Br. eine Wüstenzone um die Erde herum verfolgen mit geringen Niederschlägen. Das dort

-
- 1) MOHN, Grundzüge der Meteorologie, S. 66 f.
 - 2) CHATARD, Bull. U. S. G. S. Nr. 60, II. S. 57.
 - 3) HEIM, Handbuch der Gletscherkunde, S. 221.
 - 4) CHALLENGER, Narrative I, S. 183.
 - 5) R. MUENCH, Natur. 1876, S. 427.
 - 6) MURRAY, Scott. Geogr. Magaz. 1887.

fallende Regenwasser wird verdampft, ehe es das Meer erreicht — die Gegend ist abflusslos.

Die atmosphärischen Niederschläge verdunsten zum Theil wieder sofort in die Luft, ein anderer Theil wird von Organismen aufgenommen, ein Theil dringt in die Erde um beim Verwitterungsprocess zur Bildung wasserhaltiger Mineralien verbraucht zu werden, ein anderer Theil endlich fliesst als Flusswasser dem Meere zu. Man nimmt an, dass in England $\frac{1}{4}$ des Regens als Flusswasser abläuft, in Europa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$, im Flussgebiet des Mississippi $\frac{1}{4}$, in Aljaska $\frac{1}{4}$. Im Nilgebiet erreicht nur $\frac{1}{37}$ des Regens das Mittelmeer, denn der Nil erhält auf seinem Lauf durch die afrikanischen dürrn Wüsten keine neuen Zuflüsse.

Nach den Berechnungen von MURRAY beträgt die			
Regenmenge von Afrika	in einem Jahr:	23,288 klm ³	
„ „ Europa	„ „ „	5,772 „	
„ „ Asien	„ „ „	22,364 „	
„ „ Nordamerika	„ „ „	15,256 „	
„ „ Südamerika	„ „ „	29,196 „	
„ des gesammten Festlandes:		117,388 „	

Davon wird ungefähr: 8728 klm³, also $\frac{1}{15}$ durch die grösseren Flüsse dem Meere zugeführt.

Dass das fließende Wasser eine grosse Denudationskraft darstellt, ist seit Langem bekannt; jeder Regentag giebt Gelegenheit sich davon zu überzeugen. Chemisch löst das Wasser allerlei Salze auf, mechanisch schwemmt es gelockerten Gebirgsschutt herab, und beträchtlich ist die Menge der Substanz, welche durch die Flüsse dem Meere zugeführt wird.

Nach GEIKIE würde Europa durch seine Flüsse in 2 Millionen Jahren bis zum Meeresspiegel abgetragen werden.

Die Donau ¹⁾	denudirt ihr Flussgebiet um 1 m in	22 591 Jahren	
der Nil	„ sein „	1 „ „	17 785 „
der Mississippi	„ „ „	1 „ „	15 800 „
der Ganges	„ „ „	1 „ „	7 781 „
die Rhone	„ ihr „	1 „ „	5 042 „
der Hoangho	„ sein „	1 „ „	4 831 „
der Po	„ „ „	1 „ „	2 405 „

Infolge des Salzgehaltes des Meerwassers wird der grösste Theil der Flussströme an der Mündung der Flüsse abgesetzt, aber ein, wenn auch kleiner Theil feinen Schlammes gelangt bis weit in die Fluthen des offenen Meeres.

Das Wasser des Congo²⁾ ist 660 km von der Küste durch die starke Abnahme des spec. Gewichts zu erkennen. Die braune Farbe des Seewassers lässt sich bis 440 km beobachten, und über 370 km trieben eine Menge Schilfstücke und verschlungene Baumgruppen mit ihren Wurzeln; diese schwimmenden Inseln haben zuweilen 50 m Durchmesser.

1) WALLACE, Island Life, S. 208

READE, Americ. Journal 1885, XXIX, S. 291.

2) V. SCHLEINITZ, Ann. für Hydrographie, II, S. 301.

VERRILL.¹⁾ fand im Verlauf des Golfstromes immer, mehr oder weniger grosse, Mengen von feinem Quarzsand im Wasser schwebend. Auch im Oceanwasser fern von allen Küsten fand MURRAY²⁾ noch Spuren von Thon, und so kann man schliessen, dass eine kleine Menge festländischen Materials selbst bis in die mittleren Regionen der grossen Oceanbecken gelangt.

So sehen wir also, dass die Erosion, nicht minder wie die Deflation, eine wichtige Transportkraft für verwittertes Material darstellt, und ihren Einfluss von dem Herzen der Festländer bis in die grössten Tiefen des Meeres geltend macht.

Von Wichtigkeit für die Stärke der Erosion ist nicht allein die absolute Wassermenge, die innerhalb eines Jahres fällt, sondern auch die zeitliche Vertheilung dieser Niederschläge. Ein Fluss³⁾, welcher periodisch anschwillt, übt eine viel grössere erodirende Kraft aus, als ein solcher, welcher bei gleicher mittlerer Wassermenge, stets dieselbe Wassermasse führt. Das Flussbett gestaltet sich nach der Vertheilung der Kräfte bei Hochwasser. Beispiele hierfür sind die breiten, geröllbedeckten Flussbetten (Fiumaren) der sicilischen Wasserläufe, die in der Regel nur wenig Wasser führen. Eine grosse Rolle spielt die Erscheinung in allen Wüsten, deren Thäler (Uadi) oft Jahrzehnte trocken liegen, ehe sie wieder einen Tag lang von Wasser erfüllt werden. Trotz ihrer Seltenheit üben die Wüstenregen doch eine stark denudirende Kraft⁴⁾ aus, die durch Deflation kräftig unterstützt wird.

Ueber die Coloradoschlucht in Arizona berichtet GILBERT⁵⁾, dass zu Zeiten des Hochwassers das in einen engen Kanal zusammenge-drängte Wasser allen Schutt mit stürmischer Gewalt hinwegnimmt und davonträgt. Die seltenen Regen haben hier eine sehr bedeutende Kraftleistung vollzogen, und die enge, an manchen Stellen 300 m senkrechte Schlucht des inneren Thales ist wesentlich ein Werk der Erosion.

III. Im Polargebiet und im Hochgebirge bestehen die atmosphärischen Niederschläge wesentlich aus lockerem staubenden Schnee, der sich unter dem Einfluss der Wärme und des Druckes zu körnigem Firnschnee und endlich zu blauem Gletschereis verwandelt, das in jenen Regionen als wichtigste Transportkraft auftritt. Unter der Firnmulde dringt das Eis als Gletscherstrom hervor und fliesst langsam zu Thale. Im Polargebiet verhüllt das Gletschereis als Binneneisdecke fast das gesammte festländische Areal.

Der Unteraargletscher	fliesst täglich	0,14 m — 0,21 m
das Eismeer	"	0,21 " — 0,68 "
das grönländische Binneneis bei Jakobshavn	"	15,00 " — 22,00 "

Bei dieser Bewegung denudirt das Eis grosse Mengen von Schutt und Schlamm; diesen Vorgang nennen wir Exaration.

Jeder⁶⁾ Gletscher repräsentirt eine grosse transportirende Kraft; das von ihm verfrachtete Gesteinsmaterial wird unter dem Namen

1) VERRILL, Americ. Journal 1882, S. 449.

2) MURRAY und RENARD, Challenger Deep Sea Deposits, S. 338 f.

3) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 153.

4) WALTHER, Denudation in der Wüste, S. 11.

5) GILBERT, Americ. Journal 1876, II, S. 19.

6) BRUECKNER, Vergletscherung des Salzachgebietes 1887, S. 9.

Moräne zusammengefasst. Der Gletscher trägt die auf seinen Rücken von den Thalgehängen herabfallenden Felsmassen als Oberflächenmoräne thalabwärts; ruhig, ohne sie beim Transport irgendwie durch Bewegung zu runden, oder auch nur ihre Ecken zu bestossen. Daher besteht die echte Oberflächenmoräne fast ausschliesslich aus eckigem Materiale, das in keiner Weise von dem Gehängeschutt unterschieden werden kann. Ist sie doch selbst nichts anderes als Gehängeschutt, der zufällig nicht auf den festen unbeweglichen Thalboden, sondern auf die Oberfläche eines langsam thalabwärts schreitenden Gletschers fiel. Der Gletscher schleppt ferner Felstrümmer unter sich an seiner Sohle als Grundmoräne fort. Die Grundmoräne besteht aus einer Eisschicht, die ganz und gar mit Gesteinsfragmenten und Schlamm imprägnirt ist, sie erscheint als ein Conglomerat mit eisigem Bindemittel. Die Geschiebe sind bald grosse Blöcke, bald nur kleine Brocken. Die Mächtigkeit der Grundmoräne ist sehr verschieden; sie betrug am Stampfkees im Zillerthal 4—5 m, eine Mächtigkeit, die in den Alpen wohl nicht allzuoft erreicht werden dürfte.

Grundmoräne findet sich nicht nur an der Sohle des Gletschers; sondern überall dort, wo der Gletscher mit dem Gestein seines Bettes in Berührung kommt, also auch in den dem Ufer benachbarten Eisschichten. Am Hornkees im Zillerthal betrug ihre Mächtigkeit 4—5 m, und im kleinen, durch Lawinen gespeisten Blau eis bei Berchtesgaden führte sie gekritzte Geschiebe.

Diese mit dem Gletscher fest zusammengefrorene Grundmoräne wird, eigentlich selbst einen Theil des Gletschers bildend, vom Gletscher unter dem Druck der auf ihr lastenden Eismassen über den Untergrund hinweggeschleift. Es drücken sich die Unebenheiten desselben im gefrorenen Schlamm als langgezogene Furchen ab, die man, etwa in Randklüften an Stellen, wo der Gletscher scharf um eine Ecke herumzubiegen gezwungen ist, und thalabwärts etwas vom Ufer absteht, gelegentlich bis zu mehreren Metern Länge findet.

Unebenheiten des Untergrundes, wohl auch eine Differenz in der Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Eisschichten sich bewegen, bewirken eine Verschiebung der Theile der Grundmoräne unter einander, und weil diese Verschiebung unter hohem Druck stattfindet, so reiben sich die einzelnen Geschiebe aneinander und am Untergrunde, und bringen so die charakteristischen Schrammen, sowie eine Abrundung und Politur hervor. An einem Vorsprung des Gletscherbettes bleibt wohl eine Zeit lang ein Stück hängen. Der Gletscher rückt vor, während das Geschiebe zurückbleibt,¹⁾ und zurückbleibend seine Nachbarn aufzuhalten sucht, bis der sich steigernde Druck von hinten das Hinderniss überwindet, oder eine Veränderung der Lage der Grundmoränengeschiebe zu einander die Umgehung des Hindernisses gestattet.

Bei diesem Prozesse können Vorsprünge des Gletscherbettes losgelöst und der Grundmoräne einverleibt werden. Selten wird ein Stück des Bettes glatt abbrechen, meist werden die Bruchflächen anderen, bereits vorhandenen Richtungen der geringsten Cohärenz folgen. So bieten sich durch den Abbruch eines Hindernisses der andrängenden Grundmoräne sofort neue dar; zumal wenn die Schichten senkrecht

1) NILES. Americ. Journal 1878, XVI, S. 367.

stehen, oder von senkrechten Klüften durchzogen werden, so schafft eine ausgebrochene Zacke immer wieder eine neue. Solche ausgebrochene, exarirte Felsstücke tragen auf einer Seite einen Gletscherschliff mit parallelen Schrammen, wie sie sich sonst nur auf anstehendem Gestein finden, während die anderen Seiten durch fast unveränderte Bruchflächen gebildet werden. Die Art der Bewegung der Grundmoräne erzeugt eine Unmasse von Schlamm, der die Grundmoräne ganz durchzieht.

Da wo das Gletschereis schmilzt, mischt sich die Seitenmoräne mit der Grundmoräne, und es entsteht die Endmoräne, d. h. das nach Beendigung des Transports abgelagerte Material. Ein Gletscher, dessen Seitenmoränen 20 m hoch und breit sind, und dessen Grundmoräne 100 m breit und 2 m dick ist, transportirt bei einer Geschwindigkeit von 50 m im Jahr, in dieser Zeit 30,000 Kubikmeter Schutt zu Thale.

Im Polargebiet fliesst das Binneneis in einzelnen Gletscherzungen direkt ins Meer. Durch die Bewegungen und den Auftrieb des schweren Seewassers bricht die frei ins Meer ragende Eiszunge ab, und schwimmt als Eisberg davon. Diese Eisberge werden durch Meeresströmungen weit nach dem Aequator zu verfrachtet. Eisberge des Baffinsmeeres gelangen bis 35° N. Br., und Eisberge des Südpolarmeeres ebenfalls bis 35° S. Br. Man nennt die Linie, bis zu welcher solche Eisberge getragen werden, die Treibeisgrenze.

Mehrfach hat man beobachtet, dass Eisberge Sand und Steine tragen. Im August 1827 traf COUTHOUY¹⁾ über der grossen Neufundlandsbank einen 15—20 m hohen und 300 m langen Eisberg, der durch die Wellen um seine Achse hin und her rotirt wurde. In den Seiten des Eises sah man grosse Felsblöcke und Erdmassen eingefroren.

Am 27. April 1829 traf derselbe Beobachter in der Mitte des Golfstromes einen Eisberg, auf dessen Seiten man einen grossen erdfarbenen Streifen und viele dunkle Flecken erkannte, die von grossen Steinen herrühren mochten.

Eisberge²⁾ stranden in Menge auf dem, 270—330 m tiefen, untermeerischen Rücken, welcher sich von Island nach Ostgrönland erstreckt. Ein solcher Eisberg war 60 m hoch, bei 345 m Umfang.

Man hat die Bildung der Neufundlandbänke darauf zurückgeführt, dass beständig nordische Eisberge daselbst stranden, und ihre erratisch transportirten Steine sich allmähig am Meeresboden anhäufen. Aber die Untersuchungen von THOULET³⁾ haben dargethan, dass die Gesteine des dortigen Meeresbodens aus der Zerstörung anstehender Felsen entstanden, und durch den Fluss Cabot ins Meer getragen worden sind.

Kapitän BAYFIELD⁴⁾ hat in der Bellislestrasse einen Eisberg untersucht, der mit Blöcken, Kies und Sand ganz durchsetzt war. DARWIN⁵⁾ beobachtete in einem Eisberg einen 4 m dicken Felsblock.

1) Americ. Journal 1842, S. 155.

2) PETERMANN'S Mitth., Bd. XXVI, S. 312.

3) THOULET, Bull. Soc. Géogr. de France 1889, II, S. 17.

4) nach Neues Jahrbuch für Mineral. 1839, S. 214.

5) Journal Geograph. Soc. 1839, S. 526.

Eine Eisscholle, der LAUBE¹⁾ bei Grönland begegnete, trug eine Last Steine. In der Mission Lichtenau hat man Fluorit, Zeolith und Weichstein auf dem Eise gefunden. Am 10. März trieb ein grosser Eisberg vorbei, der einen eingeschlossenen Felsblock mit sich führte.

Der TALISMAN²⁾ fand bis nach den Azoren Globigerinenschlick mit erratischen Gesteinen, an denen man Trilobitenfragmente, und sogar Gletscherschliffe beobachtete.

Dagegen berichtet Kapitän NARES³⁾: Sämtliche Eisberge, denen wir im antarktischen Ocean begegneten, waren merkwürdig frei von Felsstücken und Steinen obgleich der Meeresboden überall mit erraticchem Material bedeckt ist.

In geringerem Masse transportierend wirkt das Scholleneis, welches aus gefrorenem Meerwasser entsteht. Das Eis bildet sich in der Ostsee am Grunde, friert mittelgrosse Steine⁴⁾ mit ein, und trägt dieselben bei Beginn des Frühlings in das Meer hinaus. Wenn das am Ufer gebildete Wintereis Blöcke umschliesst, so können dieselben auch transportirt werden. Ein schwerer Block an der Südküste Finnlands wurde im Winter 1837—38 nach der Insel Hochland auf diese Weise verfrachtet.

IV. Dieses letztere Beispiel leitet uns über zu der vierten Transportkraft, den Meereswellen, deren denudirende Thätigkeit wir als Abrasion bezeichnen.

Die Zerstörung⁵⁾, welche der Wellenschlag an weichen Küstengesteinen verursacht, rühren nicht allein von dem mechanischen Stoss her, als vielmehr von dem steten Wechsel des Wasserspiegels. Es bildet sich dadurch eine seewärts gerichtete Strömung, der Sog, in den Spalten und Oeffnungen des Gesteins, welche den Boden auflockert und das gelockerte Material entführt.

Auch FUCHS⁶⁾ macht auf diese durch Wasserstau entstehende, seewärts gerichtete Strömung aufmerksam. Bei jedem Sturme kann man beobachten, dass anfangs nur eine schmale Zone trüben schlammigen Wassers vorhanden ist, die sich aber immer mehr verbreitert, indem immer mehr das aufgewühlte Material seewärts geführt wird.

BRAZIER⁷⁾ fand 1871 an der Westseite von Fitzroy am Strand eine 2 m breite und 2 m hohe Muschelanhäufung von 20 m Länge. Ein Sturm wusch die ganze Bank fort, und bei einem zweiten Besuch fand er nur feinen weissen Sand.

Die sandige Küste von Wangeroog⁸⁾ wurde von 1836—1853 in jedem Jahr um 26 m abgespült, und später scheint der Abbruch des Ufers noch stärker geworden zu sein.

1) LAUBE, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Wien 1873, II, S. 29.

2) PETERMANN Mitth. 1883, XXX, S. 69.

3) PETERMANN Mitth. XX, S. 464.

4) ACKERMANN, Beiträge zur Phys. Geogr. der Ostsee 1883.

5) HAGEN, Seeuferbau, II, S. 7.

6) FUCHS, Verh. Geol. Reichsanstalt Wien 1877, S. 225.

7) Journal of Conchologie 1879.

8) HAGEN, Seeuferbau, II, S. 5.

An den Küsten¹⁾ von Medoc ist das Ufer in den Jahren

1818—1830 um 180 m d. h. um 15 m pro Jahr

1830—1842 " 350 " " " " 29 " " "

1842—1845 " 105 " " " " 35 " " "

zurückgewichen.

Welche Gewalt die Wasserbewegung am Meeresstrand erreichen kann, das lehren Steinblöcke²⁾ von 36,000 kg, welche beim Dammbau zu Biarritz 1867 während eines Sturmes durch die Brandung um 12 m fortgewälzt wurden. Bei Barrahead (Hebriden) wurde ein Gneissblock³⁾ von 12 kbm fortgerollt.

So werden nicht nur Schlamm und Sand, sondern auch schwere Felsblöcke von den Meereswellen verfrachtet. Freilich erstreckt sich diese Fortbewegung für den gewöhnlichen Sand und Schlamm der Küste nur auf geringe Tiefen. Denn nach DE LA ROCHE-PONCIE⁴⁾ ist das Wirkungsgebiet der Küstenströmung bei frischer Brise 5 m, bei Sturm nur 10 m tief.

Auf der Chesilbank⁵⁾, die 32 m unter Wasser liegt, wird das grobe Geröll zuweilen durch die Wellen in Bewegung gesetzt. Höhere Wellen verlieren ihre Klarheit, wenn sie auf Untiefen von 12—15 m kommen.

Spuren einer Brandung hat man bei hohem Wellengang sogar auf dem 500 m tiefen Wyville-Thomsonrücken beobachtet; so tief also wird der Boden des Meeres gelegentlich aufgewühlt.

Freilich scheint, wie in so vielen anderen Dingen, der Gegensatz zwischen Flachsee und Tiefsee auch hier zur Geltung zu kommen, und der Meeresboden der Tiefsee ist wahrscheinlich unberührt von den vertikalen Wellenbewegungen.

Eine viel weitere Wirkungssphäre haben die horizontalen Bewegungen im Meer, die wir hier nicht in dem speciellen oceanographischen, sondern im weiteren Sinne als Strömungen bezeichnen wollen.

Horizontale Strömungen entstehen leicht am Meeresufer. Gemeinhin⁶⁾ laufen die Wellen etwas schräge gegen das Ufer auf, und jeder Wellenschlag, der das Ufer nicht ganz senkrecht trifft, veranlasst eine, dem Strand parallel laufende Strömung. Dadurch rücken Sand und Kieskörner längs des Strandes etwas vor, und werden durch die Uferströmung in der Richtung der vorherrschenden Winde transportirt. Dieser Küstenstrom hat die Tendenz, jede Lücke des Ufers durch eine Sandbank oder Nehrung zu schliessen, und unsere deutsche Ostseeküste bietet viele Beispiele für diesen Vorgang. Die Putziger Nehrung, welche die Danziger Bucht nach Nordwesten begrenzt, ist eine unvollkommene Nehrung, während die Sanddünen, die das Frische und Kurische Haff begrenzen, bis auf kleine Flussdurchlässe vollkommen geschlossen sind.

Süßwasserströme, die in das Meer münden, rufen hier eine oft sehr ausgedehnte Strömung hervor. Eine Folge dieser Strömung sind jedenfalls die submarinen Flussrinnen, die man vielfach beobachtet,

1) Ausland 1862, S. 1032.

2) JUELIG, Mitth. d. Geogr. Ges. zu Wien 1885, S. 417.

3) HAGEN, Seeuferbau, I, S. 117.

4) KELLER, Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1881.

5) HAGEN, l. c. I, S. 102.

6) HAGEN, l. c. I, S. 254—260.

ohne dass bisher die besonderen Umstände ihre Bildung in jeder Hinsicht vollkommen erklärt wären:

Das Bett des Hudson¹⁾ lässt sich als untermeerisches Thal von der 35 m-Linie bis zur 180 m-Linie (240 km von der Küste) verfolgen.

Auch an der Pacifischen Küste²⁾ von Nordamerika bilden sich an der Mündung des Salinas in der Morterey Bai, am Sta. Barbara Channel bei Pt. Huanema, an der Mündung der Laguna Muga, an der Carmel Bai, bei Pt. Delgado, Pt. of Gorda und Cap Mendocino submarine Thalrinnen.

Das submarine Bett des Congo³⁾ ist 200 km lang und 1000 m tief eingeschnitten. Das Bett des Bassam (Bottomless Pit) ist 7 km lang und 400 m tief. Die Fosse de l'Avon östlich von Lagos ist weniger ausgeprägt, die Fosse du Cap Breton ist 10 km lang und 250 m tief.

Da auch in den Schweizer Seen ähnliche Rinnen vorkommen, handelt es sich hierbei wohl um ein hydrodynamisches Phänomen.

Für die Verfrachtung der Flusstrübe und anderer Sedimente im Meer spielen die horizontalen Strömungen eine grosse Rolle. Die braune Farbe des Congowassers⁴⁾ ist 450 km weit zu spüren und 400 km von der Mündung beobachtet man eine Menge Schilfstücke und verschlungene Bänne. Manche dieser schwimmenden Inseln hatte 100 m im Durchmesser. Sie schwimmen meist am Rande des Stromes.

Der rothbraune Schlamm des Congo⁵⁾ wird durch den Benguelastrom, mit Mangroveinseln und Baumstämmen, gelegentlich 650 km weit bis nach St. Thome getrieben.

Am besten untersucht ist der Einfluss des Golfstromes auf die Vertheilung der Sedimente. Diese Strömung fliesst in der Stunde⁶⁾ durchschnittlich 6 km, so dass sich in dieser Zeit 200,000 Millionen Kubikmeter Wasser bewegen. Infolgedessen ist im Gebiet⁷⁾ der heftigeren Strömung bei Florida der Meeresboden fast reingewaschen und zeigt sogar nur wenig organisches Leben. Die Gebiete der warmen Strömung sind durch Kalksedimente ausgezeichnet, während nach v. Pourtales die Grenzen der von Norden kommenden kalten Strömung mit Quarzsand bedeckt erscheinen.

Weitere Angaben über Strömungsprodukte finden sich vielfach in der geographischen Literatur zerstreut⁸⁾.

Diese 4 verschiedenen Transportkräfte sind natürlich nicht immer scharf geographisch voneinander zu trennen. Besonders das Litoralgebiet ist durch das Miteinanderauftreten derselben ausgezeichnet. Es

1) LINDENKOHL, Americ. Journal 1885, I, S. 478, Karte.

2) DAVIDSON, Bull. Californian Acad. Science 1887, S. 265.

3) FOREL, Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 1887.

Graf ZEPPELIN, Verh. d. X. deutschen Geographentages 1893, S. 96.

4) Forschungsreise der Gazelle, I, S. 63.

5) KRUEMMEL, Oceanographie, II, S. 400.

PECHUEL-LOESCHE, Loango, I, S. 46.

6) BARTLETT, Americ. Journal 1882, II, S. 479.

7) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 277 und 279.

8) GUMPRECHT, Zeitschr. für Allg. Erdkunde, 1854, S. 409.

Das. 1856, S. 339.

CHALLENGER, Report. Botanic, III, Appendix.

kann vorkommen, dass dasselbe Quarzkorn durch norwegische Gletscher nahe an das Meer, dann durch Schmelzwasser in den Ocean getragen, hier durch die Wellen wieder ausgespült und endlich vom Winde zur Düne aufgeschüttet wird. Ebenso sind Erosion und Deflation fast überall aufs Engste verknüpft, und nur ein sorgfältiges Studium vermag zu entscheiden: wieviel Leistung von der einen Kraft, wieviel von der anderen ausgeübt worden ist. Im Allgemeinen wird die Erosion am weitesten verbreitet angetroffen werden, doch auch die Deflation wirkt überall, wo bewegte Luft hingelangt und wo der Erdboden ständig oder vorübergehend von Vegetation entblösst ist.

5. Die Corrasion.

Durch die ablatirende und transportirende Thätigkeit von Wind, Wasser, Eis und Wellen werden alle lockeren Erdmassen von der Oberfläche der Lithosphäre abgeräumt und abgetragen. Es entstehen hierbei Denudationsflächen auf der Lithosphäre, deren Form theilweise durch den Charakter der denudirenden Kräfte, theilweise durch die Eigenschaften des denudierten Gesteins bedingt werden. Wir haben diese Denudationsformen und Denudationsflächen noch in einem folgenden Abschnitt zu besprechen, und werden sehen, dass dieselben sich oftmals so ähnlich sehen können, dass es schwer ist, aus ihrer blossen geometrischen Form einen Schluss zu ziehen auf die Denudationskraft, die sie erzeugte. Ein durch Deflation gebildeter runder Hügel kann soviel Aehnlichkeit besitzen mit einer durch Abrasion entstandenen flachen Klippe, oder einem durch Exaration abgehobelten „echten“ Rundhöcker, dass es in jedem Fall von besonderem Werth ist, wenn man an anderen Begleiterscheinungen der Felsform, den Charakter der sie bildenden Denudationskraft erkennen kann. Solche Erkennungszeichen bieten uns am leichtesten die Erscheinungen der Corrasion¹⁾, die wir hier vergleichend betrachten wollen.

Der Wind leistet zwar seine Hauptarbeit, indem er die Bruchstücke des durch die Sonne gelockerten Granites von der Felsenoberfläche abhebt und davonträgt, aber dann schleudert er seine Sandkörner gegen jedes ihm entgegenstehende Hinderniss, und polirt die Oberfläche der Wüstenkiesel; und diese beiden, in der Praxis untrennbaren Vorgänge fassen wir als Deflation zusammen. Der angeschwollene Gebirgsbach reisst schwere Felsblöcke vom Ufer ab und trägt sie polternd zu Thale, aber indem er weiterreilt, runden sich die Kanten der Geröllstücke, der mitgeflossene Sand glättet die Bachsohle, und diese beiden denudirenden Vorgänge sind als Erosion wohlbekannt. Das Gletschereis trägt auf seinem Rücken eine schwere Last scharfkantiger Felsblöcke und nimmt von der Stossseite der Hügel, über die es hinweggleitet, alle lockeren Stücke mit hinweg; dann aber schleifen diese mitgeführten erratischen Blöcke die Unterlage des Gletschers und bedecken sie mit den charakteristischen Schliffen und

1) Nach freundlicher Mittheilung von Prof. S. GUENTHER findet sich das Wort „corrasione“ zuerst bei ZANDRINI, *Giornale dei Letterati d'Italia* 1710.

Kritzen, beide Erscheinungen zusammen bezeichnen wir als Exaration. Und wenn wir die aufgeregten Wellen der Brandung mächtige Stücke vom Ufer abreissen und weiter rollen sehen, so beobachten wir zu gleicher Zeit, dass die von der Brandung transportirten Gerölle sich gegenseitig abrunden und auch die Felsen des Gestades mächtig angreifen, und wir erkennen, dass die Abrasion nicht nur transportirt, sondern gleichzeitig mit ihrer Fracht die Felsen bearbeitet.

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Transportkräfte tragen also nicht nur das durch Verwitterung gelockerte Material davon, sondern zu gleicher Zeit wirken sie abnutzend auf die Bahn, über welche sie hinwegschreiten. Wir fassen diese Begleiterscheinung der Denudation als Corrasion¹⁾ zusammen. Aber wir müssen schon hier betonen, dass die Corrasion eine geringfügige denudirende Leistungsfähigkeit besitzt gegenüber der rein abhebenden, transportirenden Thätigkeit der Denudationskräfte. Die Masse des Moränenmaterials, welche ein Gletscher zu Thale trägt, überwiegt bei weitem die Menge der Felsmasse, welche das gleitende Eis durch Schleifen von seiner Unterlage entfernt; die Summe von Geröll, welche der Sturzbach aufnimmt und davonträgt, ist viel bedeutender, als die Menge des Schleifpulvers, welches durch die Reibung der Flussgerölle am Flussbette abgetragen wird; und die abtragende Wirkung des Wüstenwindes ist eine viel wichtigere Kraft, als die wetzende Thätigkeit der mitgeführten Sandkörner. Eine Denudationskraft muss schon denudirt haben, ehe sie mit dem verfrachteten Material Corrasionswirkungen ausübt.

Aber die Corrasionsschliffe, so unbedeutend ihre abtragende Wirkung auch ist, bieten andererseits überaus charakteristische Merkmale für die Bestimmung einer einst wirksamen Transportkraft. Einen Gletscherschliff kann man von einem Sandschliff wohl unterscheiden, und dieser ist mit einem Wasserschliff nicht zu verwechseln. Deshalb können wir, selbst wenn eine Transportkraft nicht mehr thätig ist, ihre einstige Anwesenheit aus den Corrasionserscheinungen leicht erschliessen.

I. Die ersten Beobachtungen über die Corrasion durch den Wind hat W. P. BLAKE²⁾ veröffentlicht. Dann hat solche NEWBERRY³⁾, beschrieben, später haben sich GILBERT⁴⁾, ENYS⁵⁾, STONE⁶⁾, OLDHAM⁷⁾, die Naturforscher der Challengerreise⁸⁾ und Andere, mit dem Problem beschäftigt. In den letzten Jahren ist nach dem Auffinden von „Kanten-gerollen“ im Norddeutschen Diluvium, das Problem viel besprochen worden.

Der Sand⁹⁾, welcher mit einiger Kraft gegen eine Felsenfläche geschleudert wird, greift deren Oberfläche an; jedes Sandkorn wird

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 136.

2) Americ. Journal, II. Ser., XX, 1855, S. 180.

3) Geol. Ives-Expedition, S. 17 und 24, 1861.

4) Americ. Journal 1875, S. 151.

5) Quaterly Journal Geol. Soc. London 1878, S. 86.

6) Americ. Journal 1886, S. 133.

7) Rec. Geol. Survey of India, XXI, 1888, S. 159.

8) CHALLENGER Narrative, I, S. 373.

9) TROULET, Annales der Mines, Paris 1887, März-April.

zum Wurfgeschoss und reisst ein Stäubchen von der Fläche ab, und wenn sich dieser Vorgang unaufhörlich wiederholt, so bedeckt sich die Felsenoberfläche mit charakteristischen Skulpturen. Sogar der Praxis hat man diese Kraft dienstbar gemacht, um Glasplatten matt zu schleifen, und anzubohren. TILGHMAN¹⁾ liess Quarzsand unter einem Druck von 7 Atmosphären gegen verschiedene Gesteine blasen und fand, dass in der Minute und bei einem Abstand von 25 mm,

von Granit	24,58	kbem
„ Marmor	49,17	„
„ Sandstein	163,9	„

abgetragen werden.

Bei einem Druck von 20 Atmosphären wurde in 25 Minuten ein 37-mm grosses Loch durch eine 37 mm dicke Korundplatte geblasen. Methodische Experimente stellte dann THOULET²⁾ an, indem er mit Hilfe eines sinnreichen Apparates alle Elemente des Sandgebläses bestimmte. Er fand hierbei folgende Thatsachen: die Corrasion ist proportional der Menge des angewandten Schleifpulvers.

Eine glatte Fläche ist widerstandsfähiger als eine raue Oberfläche.

Sandkörner, die durch Corrasionswirkung gerundet worden sind, wirken weniger kräftig als eckige Fragmente.

Die Dimension der Körner spielt nur eine geringe Rolle, doch nimmt die Stärke der Corrasion mit der Korngrösse etwas zu.

Kalksand übt keine Wirkung auf Kieselgesteine, Kalksand nützt Kalk ebenso ab wie Quarzsand Kieselgesteine, am stärksten aber wirkt Quarzsand auf Kalkstein.

Die Corrasion ist proportional der Kraft des Windes. Die Corrasion ist umso stärker, je senkrechter die Sandkörner auf die Felsenfläche aufprallen; sie nimmt rasch an Intensität ab, wenn die Fläche unter 60° geneigt ist.

Bei gleicher Härte sind homogene oder mikrokristalline Gesteine widerstandsfähiger als grobkörnige heterogene Felsarten.

Feuchte Gesteinsflächen werden stärker angegriffen als trockene Felsen.

Kein Gestein³⁾ ist so gleichmässig gebildet, dass es nicht geringe Härteunterschiede in seinem Gefüge erkennen liesse. Diese ursprünglichen Differenzen bedingen es, dass verschiedene Felsarten so verschiedene Schliffmarken erhalten.

Granitische Gesteine werden durch den Sand in der Regel so corradirt, dass die weicheren Feldspäthe blattennarbige flache Vertiefungen bilden, zwischen denen die härteren Quarze erhaben sind. Bei porphyrischen Gesteinen können die porphyrisch ausgeschiedenen Feldspäthe ebenfalls vertieft erscheinen, während ebensolche Quarzkrystalle über die geglättete Grundmasse hervorragten.

Kalkstein erscheint oftmals auf dem Querbruch ganz homogen, während er aus übereinanderliegenden Schichten besteht, die dem Auge nicht sichtbar verschiedene Härte besitzen. Solche härtere Schichten

1) *Revue de Géologie*, IX, 1870, S. 16.

2) THOULET, l. c., S. 12 f.

3) WALTHER, *Denudation in der Wüste*, S. 93.

werden durch Sandcorrasion sehr plastisch ausgespart und ragen mit gerundeten Kanten oft 1 cm über die glatten Rinnen der weicheren Schichten heraus.

Der grosse Sphinx bei Gisch ist ein gutes Beispiel, wie durch Infiltration von Eisensalzen der ursprünglich gleichmässig weiche Kalkstein riesige Verhärtungsringe erhalten hat, die durch das Sandgebläse allmählig herausmodellirt wurden. Auch im Uadi Maghara an der Sinaihalbinsel sind Sandsteine mit ähnlich entstandenen kreisförmigen Skulpturen bedeckt.

Rundliche Manganconcretionen wittern, unterstützt vom Sandgebläse in Menge aus dem Nubischen Sandstein Aegyptens heraus, und bedecken in grosser Zahl die Denudationsfläche desselben.

Ebenso werden Kiesel- und Feuersteinconcretionen aus den Kreidekalken der ägyptischen Wüsten herausmodellirt. Zwischen Assiut und el Chargeh fand SCHWEINFURTH die Wüstenebene mit Feuersteinbroden von bis 1 m Durchmesser übersät, die von den Arabern als Batich bezeichnet werden.

Kein Gestein ist der Deflation gegenüber so widerstandsfähig, als Feuerstein, verkieselter Kalk, Jaspis und ähnliche Kieselverbindungen. Sie finden sich als Versteinerungsmittel, als Concretionen, als Gänge und Cement ganzer Schichtenbänke oft in den Sedimenten Aegyptens. Wie nach dem Tode eines Wirbelthieres die Weichtheile verfaulen und entfernt werden, während die darin vertheilten Knochen theile zusammensinken und als Knochenhaufen übrig bleiben, so werden diese härteren Theile in den Gesteinen durch Deflation isolirt; was früher in einer grösseren Felsmasse vertheilt war, ist durch Deflation des weicheren Gesteins nebeneinandergerückt und die mit dem charakteristischen Fettglanz des Sandschliffes bedeckten härteren Theile liegen jetzt dichtgedrängt auf der eingeebneten Felsmasse, während das, sie früher trennende, Gestein in alle Winde zerstreut wurde.

Von ursprünglichen Härteunterschieden müssen wir noch die Versteinerungen nennen, welche oft härter als das umgebende Gestein, durch das Sandgebläse herausmodellirt werden. Besonders wenn die Fossilien etwas verkieselt sind, kann man diesen Vorgang am besten beobachten. Bei Nummulitenkalk beobachtet man bisweilen die Nummuliten auf 3 cm hohen Stielen. Austern und Gastropoden, Korallen und Seeigel findet man so herausgeblasen. Und da dieser Vorgang in der Wüste immer weiter geht, da ganze Schichtenserien durch Deflation entfernt werden, während nur die härteren Versteinerungen übrig bleiben, so entstehen dadurch jene relativ so fossilreichen Wüstengebiete. Bald reiten wir drei Stunden lang über ein Pflaster von Nummuliten, bald ist der Boden weit und breit mit Exogyren übersät, bald überraschen uns unzählige Echinolampas. Aber dieser Versteinerungsreichtum der Wüste ist oftmals nur ein scheinbarer, weil die Fossilien eines grösseren, deflatirten Schichtenverbandes, auf die Denudationsebene projicirt werden, und deshalb so häufig sind.

Charakteristisch für alles Sandgebläse ist ein milder, fettiger Glanz, den fast alle durch Flugsand corradirten Gesteine erhalten. Dieser Glanz ist auch im trockenen Zustand der Steine zu erkennen, während bekanntlich wassergeschliffene Kiesel getrocknet meistens ohne Glanz erscheinen. Porphyry und Sandstein, Feuerstein und Kalk

sind mit diesem firnissartigen Glanz überzogen; eine Folge der, alle Unebenheiten ausgleichenden rollenden Sandkörner. Man hat daher auch von „Wüstenlack“ gesprochen.

Kalkstein wird sehr häufig ausserdem mit einer feinen mäandrischen Skulptur bedeckt, besonders auf der Leeseite der Gerölle; doch besitze ich Stücke, welche allseitig mit $\frac{1}{2}$ — 1 mm breiten vielgewundenen und vielverästelten flachen Furchen bedeckt sind.

Sehr deutlich kann man die allmähige Glättung aller scharfen Kanten an Glasscherben sehen, die einige Jahre in der Wüste lagen und während dieser Zeit alle Schärfen verloren haben. Feuersteine, die durch Insolation mit Sprungnarben bedeckt wurden, zeigen den Kampf beider Vorgänge. Jede Sprungnarbe wird vom Sandgebläse zu runden getrachtet, und indem die Sonne immer neue Sprünge erzeugt, kann man an demselben Stück das beständige Wetzen des Sandes verfolgen, und ältere von neuen Narben und Sprüngen unterscheiden.

Eine sehr auffallende Wirkung des Sandschliffes sind die Facettengeschlebe, Kantenengerölle oder „Dreikanter“, die sich oftmals da finden, wo Gerölle dem Sandgebläse ausgesetzt werden. Die Oberfläche solcher Gerölle ist mit 2—6 ebenen Flächen bedeckt, die in scharfen geradlinigen Kanten aneinanderstossen, so dass eine Aehnlichkeit mit einem geschliffenen Edelstein resultirt. In der Wüste beobachtete ich nur kalkige Facettengerölle, während im Diluvialsand Norddeutschlands Granit, Porphyr, Sandstein u. s. w. als Dreikanter gefunden werden. Ein Zusammenhang zwischen der Richtung der Kanten und der Windrichtung ist nicht sicher nachzuweisen. Meines Erachtens entstehen die Facetten zuerst, und nur durch das Sichdurchschneiden benachbarter Flächen bildet sich die scharfe Kante. Man kann bei Sandwind leicht beobachten, dass der Sand in kleinen Strömen über den Boden hinwegfließt, und dass die auf dem Boden liegenden Gerölle ebenso viele Hindernisse und Widerstände für die kleinen Sandgerinne bilden. Vor einem grösseren Hinderniss teilt sich der Sandstrom, um sich dahinter wieder zu vereinigen; oft laufen die getheilten Stromäste eine Strecke vereinzelt weiter, um dann in benachbarte Sandgerinne einzumünden. Infolge dieser Gabelung und Wiedervereinigung kleiner Sandströme werden solche Steine, auf welche zwei convergirende Sandströme stossen, mit zwei Facetten versehen, deren jede durch einen Sandstrom gebildet wurde. Indem sich diese Facetten immer mehr vergrössern, kommen sie endlich zum gegenseitigen Schneiden und bilden dadurch eine Kante. Gerölle welche constant durch gleichgerichtete Sandströme bespült werden, erhalten scharfe Kanten; wechselt aber die Richtung der Sandströme, so werden die Skulpturen undeutlich und verwischt.

Wichtig ist es, zu betonen, dass Kritzen und Schrammen, wie sie die Eiscorrasion erzeugt, durch Sandschliff niemals entstehen; wenigstens ist es mir nie gelungen, auch nur eine Andeutung davon in sandreichen Gebieten der Wüste zu bemerken.

Auf der dem Sandwind entgegengesetzten Seite (Luvseite) ist die Corrasion stärker, als auf der gegenüber liegenden Leeseite im Windschatten, dort entstehen mehr Furchen und Rinnen, hier glättet der hinabrieselnde Sand die Felsenfläche, erzeugt mäandrische Vertiefungen, ohne die Felsenfläche stärker anzugreifen.

II. Die Denudationskraft des fließenden Wassers äussert sich nicht nur im Abtragen lockeren Schuttes, sondern auch in der Bearbeitung des Flussbettes vermittelt des transportirten Materials. Beide Vorgänge haben wir als Erosion zusammengefasst, und wollen hier die corradirende Wirkung des fließenden Wassers betrachten.

Während die Geschwindigkeit eines Windes durch das Relief des Erdbodens, über den er hinwegfegt, wenig beeinflusst wird, so steigert sich mit dem wechselnden Neigungswinkel des Flussbettes die Erosionskraft des Flusswassers sehr erheblich; jede Stromschnelle, jeder Wasserfall sind Stellen stärkerer Erosion, und wenn der Fluss auf einer fast horizontalen Ebene dahinschleicht, wird auch seine Erosionskraft sehr gering. Ein weiterer Unterschied der Windcorrasion gegenüber der Wassercorrasion liegt darin, dass der Wind weite Flächen gleichmässig bestreicht und dadurch die Deflation zu einem regionalen Phänomen macht, während das Regenwasser sich rasch in lineargestaltete Rinnen sammelt und nur in ihnen seine erodirende Wirkung ausübt.

Wie man sich in jedem Bach leicht überzeugen kann arbeitet das fließende Wasser dahin: alle Ecken und Kanten sowohl an den transportirten Bruchstücken wie im Bachbette abzurunden. Während wir an den kleineren Rinnsalen eines Gebirgswassers noch überall scharfkantige Blöcke, spitze Steine und rauhe Felsenflächen beobachten, sehen wir im weiteren Verlauf des Rinnsals alle Vorsprünge gerundet, und die Ecken und Kanten abgeschliffen. Auch die Bachgeschiebe verlieren allmählig ihre eckige Form, werden zu runden Kugeln oder rundlichen Scheiben, und nutzen sich immer mehr ab. Die härteren Gesteine reiben sich an weicheeren Geröllen, diese verlieren mehr Schleifpulver, als jene, und so verfolgen wir im Verlauf desselben Rinnsals wie allmählig nicht nur die Dimensionen der Kiesel kleiner werden, sondern wie auch nach und nach alle weicheeren Gerölle verschwinden und nur die härteren Reibsteine übrig bleiben. Die durch Erosion erzeugten Schliffflächen sind im befeuchteten Zustand glänzend, werden aber beim Trocknen gewöhnlich matt. Nur ganz dichte Gesteine, wie Kieseliefer, Porphyry und ähnliche Typen behalten auch im lufttrockenen Zustand ihre glatte, spiegelnde Oberfläche. Die Härteunterschiede im Gestein werden bei weitem nicht so herausmodellirt als bei der Deflation, doch ragen härtere Quarzgänge als rundliche Leisten über das weichere Gestein hervor. Denn das stürmisch herabrauschende Wasser rollt selbst schwere Blöcke, was der Wind nicht zu thun vermag. Dadurch wird aber die Corrasion bedeutend verstärkt und zu der schleifenden Thätigkeit des Sandes tritt diejenige der groben Rollblöcke.

Sobald die Geschwindigkeit eines geröllführenden Baches oder Flusses durch stärkeres Gefälle sehr gross wird, so ist auch die Corrasion eine sehr bedeutende.

Der Silttunnel bei Matrei¹⁾ war mit einem 1 m dicken Granitpflaster versehen; aber die mit rasender Geschwindigkeit hindurchsaussenden Geschiebemassen, schliffen das Pflaster so rasch ab, dass es nach einem Jahre schon erneut werden musste.

1) KREUTER, Zeitschrift des d. österr. Alpenvereins 1884, S. 233.

An einem Wehr am Severn ¹⁾, das mit rothem Sandstein belegt war, wurden die Steinblöcke so corradirt, dass manche derselben in 43 Jahren 0,86—1,40 % an Gewicht verloren hatten. In allen dabei entstandenen Vertiefungen lagen noch die Reibsteine, durch deren Bewegung die Wasser corradirend gewirkt hatten.

Am heftigsten aber ist die corradirende Thätigkeit der Erosion am Fuss von Wasserfällen. Seit langen Jahrzehnten ist das Beispiel der Niagara ein classischer Beleg für die Intensität der Denudation durch Flusswasser geworden, und die anerkannte Leistungsfähigkeit dieses Wassersturzes hat die Meinung weitverbreitet, dass das „fliessende“ Wasser eine Denudationskraft ersten Ranges sei, gegenüber welcher jede andere Denudation in den Schatten trat. Bei der geschichtlichen Bedeutung des Niagara dürfte es daher angezeigt sein, dieses Beispiel hier kritisch zu behandeln:

Das Flussgebiet der canadischen Seen umfasst etwa 600 000 qkm, also mehr als die Fläche Deutschlands. Alles Wasser, welches sich auf diesem Gebiet sammelt, drängt sich zwischen Erisee und Ontariosee in dem 48 m hohen Wasserfall zusammen.

Oberhalb des Falles ist der Fluss 2000 m breit, im Fall macht das Flussbett ein rechtwinkliges Knie, und unterhalb desselben beträgt die Breite des Flussbettes nur 250 m d. h. $\frac{1}{8}$ der Breite oberhalb des Falles. In der Sekunde stürzen 10 000 kbm Wasser über die Felsen herab. Die Ziegeninsel trennt den schmalen amerikanischen von dem breiteren canadischen Wasserfall.

Wandern wir von Niagarafalls nach der Ziegeninsel, so sehen wir oberhalb des Falles den breiten Fluss mit flachen Ufern zwischen Baumgruppen dahinfließen. Da wo er an die Ziegeninsel und einige benachbarte Inselklippen gelangt, sehen wir eine etwa 2 m hohe Stromschnelle quer über die ganze Breite des Flusses, und indem wir die Inseln als Erosionsreste betrachten, erkennen wir, dass die fliessende Wassermasse sich nicht mehr als 4 m in die Niagarakalke hat eingegraben können.

Der amerikanische Fall ist der jüngere, denn erstens ist oberhalb desselben das Flussbett noch mit einer Menge kleiner Inseln durchsetzt, welche das Wasser noch nicht abzutragen vermochte, zweitens erkennen wir an der Hufeisengestalt des canadischen, gegenüber der geradlinigen Kante des amerikanischen Falles, dass der letztere nicht so heftig wirkt.

Das stürzende Wasser untergräbt die 24 m dicke Bank des Niagarakalkes, indem es die darunter liegenden weichen Niagaramergel abspült. Eine Wanderung nach der „Cave of the Winds“, unter einem Arm des amerikanischen Falles zeigt uns, wie tief der harte Kalkstein unterwühlt ist, und wie heftig die wirbelnde Cirkulation der Luft und des mitgerissenen Wasserstaubes an den Felsen nagt. Die Felsenblöcke, welche an dem Fusse des Falles liegen, sind theilweise von ungeheueren Dimensionen, aber durchgängig scharfkantig. Das Wasser hat ihre Bruchkanten nicht zu runden vermocht, und die abgebrochenen Quadern liegen in einem 20 m hohen Kegel an der Seite des stürzenden Wassers.

1) MARTEN, Quaterly Journal Geol. Soc. London 1891, S. 63.

Unterhalb des Falles verengt sich das Flussbett auf den achten Theil seiner ursprünglichen Breite, und die Verengung findet ihren Ausdruck in der Wassertiefe, welche unterhalb des Falles und bis zu den Rapids etwa 50 m beträgt.

Die Schlucht ist 10000 m lang. Da man beobachtet hat, dass die Kante des Falles pro Jahr $1\frac{1}{2}$ m zurückweicht, so kann man daraus berechnen, dass die Schlucht von Lewiston bis zum Niagara fall ungefähr in 7000 Jahren gebildet wurde.

Man pflegt nun diese kräftige Wirkung, der Thätigkeit des fliessenden Wassers zuzuschreiben, und ist geneigt, das Phänomen eines Niagarafalles auch für die Bildung anderer steiler Abstürze und tiefer Schluchten der Erklärung zu Grunde zu legen. Allein man bedenkt nicht:

- 1) dass der Niagarafluss ein Gebiet von der Grösse Deutschlands entwässert, dass es also nicht genügt, aus der Tiefe eines Cañon oder eines Uadi auf eine dieselbe einst erfüllende Niagarawassermasse zu schliessen, sondern, dass man auch für die Möglichkeit eines entsprechend grossen Flussgebietes Sorge tragen muss,
- 2) betrachtet man das Niagaphänomen als das Resultat fliessenden Wassers, während es sich in Wirklichkeit nur um die Wirkung fallenden Wassers handelt. Denn oberhalb des Falles ist von einer Erosionswirkung des fliessenden Wassers nur wenig zu sehen.

Eine kritische Betrachtung des Niagara lehrt uns also, dass die Denudation durch fliessendes Wasser eine unverhältnissmässig geringere Leistungsfähigkeit besitzt, als die Corrasion durch fallendes Wasser.

Wir schliessen uns CUVIER an, welcher gerade mit Rücksicht auf den Niagarafall betont¹⁾, dass die Kraftleistung desselben wesentlich in der Unterspülung einer Felsbank liegt, während uns so viele in weichen Schottern dahinfließende Ströme lehren, wie geringfügig die denudirende Wirkung des fliessenden Wassers ist.

Sehr oft beobachtet man im felsigen Flussbett eigenthümliche cylindrische Vertiefungen, an deren Boden einer oder mehrere Reibsteine liegen, und die man als „Strudellöcher“ oder „Riesenbrunnen“ bezeichnet hat. Man²⁾ findet sie in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Grauwacke, Kalkstein, Dolomit; und sieht sie am häufigsten im Gebiet von Stromschnellen (Schwarzathal) oder am Fuss kleiner Wasserfälle (Imatrafall). Diese Riesenbrunnen zeigen an ihren Wänden oftmals spiralige breite Furchen, entstanden durch die Bewegung des hinabwirbelnden Wassers. Da am Stirnrand eines Gletschers, und ebenso unter dem zerklüfteten Gletschereis leicht grössere Massen von Schmelzwasser zusammenströmen, so beobachtet man Riesenbrunnen oftmals auch in der Nähe von Glacialcorrasionen und alten Moränen. Aber es muss betont werden, dass selbst das berühmte Beispiel der Riesenbrunnen im sogenannten „Gletschergarten“ von Luzern uns das Resultat fallenden wirbelnden Wassers, nicht dasjenige des Gletschereises zur Darstellung bringt, und dass man aus dem Vorhandensein

1) CUVIER, Bull. Soc. Geol. Paris 1880, S. 163.

2) v. HELMERSSEN, Mém. Acad. St. Petersburg 1868, Nr. 12, S. 13.

eines Riesenbrunnens keinen Schluss ziehen darf auf einstige Vergletscherung des betreffenden Gebietes.

III. Dagegen zeigt das Gletschereis andere, sehr charakteristische Corrasionserscheinungen, welche die denudierende Wirkung der Exaration begleiten. Sie bestehen in einer Glättung des Gesteins und der Erzeugung feiner und gröberer scharfer Ritzen und Schrammen.

DAUBRÉE hat die Phänomene des Gletscherschliffes experimentell untersucht und fand ¹⁾ folgende Thatsachen: der auf die Reibsteine ausgeübte Druck, und die ihnen zu ertheilende Geschwindigkeit um das Ritzen zu beginnen, variiren in entgegengesetzter Richtung. Bei einer Geschwindigkeit unter $\frac{1}{2}$ mm muss der Druck auf ein rundes Geschiebe 100 kg betragen, damit es ritzt, während bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 40 mm schon 3 kg Druck genügen.

Die Reibsteine erleiden in jedem Augenblick ihrer Bewegung Veränderungen. An den Ecken runden sie sich rasch ab, und oft sind sie nach einem Weg von 10 m zu runden Geschieben geworden, während scharfkantiger Sand gebildet wurde. Infolge dieser unaufhörlichen Veränderung verändert auch die von dem Geschiebe erzeugte Furche fortwährend ihren Charakter. Ehe das Geschiebe sehr abgestumpft ist, zieht es einen Streifen; sobald es glatt geworden ist, höhlt es eine Furche aus, deren Krümmungsradius der Gestalt des Bruchstückes entspricht. So erzeugt dasselbe Geschiebe nacheinander Streifen und Furchen, und jede Art derselben kann sich nicht über einige Meter erstrecken, ohne von einer in die andere überzugehen. Ferner folgen neue Scheuersteine ihren Vorgängern nach, und graben in die Furchen Streifen ein, die der Reihe nach wieder verwischt werden.

Man hat die Streifungen oft der Wirkung von Sand zugeschrieben, doch geht aus den Versuchen hervor, dass sie auch durch Geschiebe gemacht werden können, und zwar durch Scheuersteine von gewisser Grösse sogar viel leichter als von eigentlichem Sande; denn dieser ist bald zerdrückt, wenn er mit hinreichender Festigkeit in dem drückenden Körper festgehalten wird.

Materialien von gleicher Härte scheuern sich nicht nur gegenseitig, sondern ein verhältnissmässig weiches Gestein kann sogar ein viel härteres ritzen, wenn es unter genügender Pressung wirkt. Ziemlich reiner lithographischer Schiefer kann bei einer Geschwindigkeit von 40 cm in der Sekunde und bei einem Druck von 35 kg pro Quadratcentimeter Granit vollkommen ritzen. Die Streifen, obwohl sehr deutlich, sind feiner als im ersten Falle, und durch den feinen Staub nimmt die geritzte Fläche eine gewisse Politur an. Die durch direkte Einwirkung der Scheuersteine entstandenen Streifen sehen gewöhnlich runzelig und wie aufgerissen aus; aber der von der Zerreibung herrührende feine Staub, und das Eis, welches ihnen nachfolgt, glätten und poliren die raue Fläche.

Eben abgedeckte Gletscherschliffe ²⁾ zeigen auf den flacheren Partien die eigenthümliche Kombination von Politur und Furchung, welche von der gleichzeitigen Bearbeitung des Gesteins mit feinem

1) DAUBRÉE, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie, übersetzt von Gurlt, 1880, S. 217.

2) FINSTERWALDER, Zeitschrift d. d. österr. Alpenvereins 1891, S. 76.

Sand und Schlamm, und theils eckigen, theils schon gerundeten, unter grossem Druck gegen dasselbe gepressten Steinen herrührt, die zum Theil vom Eise gefasst sind, aber doch gelegentlich wieder ihre Stellung ändern können. Da in geschiebeführendem Wasser, Schlamm und Sand suspendirt sind, so entsteht keine Politur. Und da die Steine nicht einmal mit ihrem Eigengewicht, sondern mit dem, um den Auftrieb verminderten Gewicht gegen den Boden drücken, so entsteht auch keine eigentliche Furchung.

Der Boden des Gletschers¹⁾ wird durch die Grundmoräne je nach seiner Härte geschliffen oder aufgearbeitet. Gletscherschliffe sind in den Tauern auf schwer verwitternden quarzreichen Gesteinen, wie vor allem auf Gneiss zu Hunderten blosgelegt. Sie erscheinen als Rinnen von verschiedener Breite und Tiefe, welche der Thalrichtung folgen. Die feineren Ritzten sind in der Regel der Verwitterung zum Opfer gefallen, und treten nur dann deutlich hervor, wenn die Platte, die sie trägt, erst vor Kurzem der schützenden Moränendecke beraubt wurde, oder wenn Quarzgänge das Gestein durchziehen, auf denen sich meist Bruchstücke der feinen Linien erhalten haben.

Die Zahl und Deutlichkeit der Schiffe nimmt zu, je mehr man sich dem Gebiet der recenten Gletscher nähert, und je jünger entsprechend die Schliffe sind.

Auf manchem Kalkstein sind die Gletscherschliffe keine tiefen Furchen, sondern meist nur feine, oft sehr feine Ritzten, die manchmal so undeutlich werden, dass es unmöglich ist, ihre Richtung festzustellen. Andere Kalksteine zeigen wieder tiefere Furchen und Schrammen. Gletscherschliffe finden sich in der Regel nur auf festem Gestein, und ganz vereinzelt ist das Vorkommen eines Schliffes auf nur locker verfestigtem Schotter.

Während rinnendes Wasser die einzelnen Mineralien zusammengesetzter Gesteine je nach ihrer Härte und Löslichkeit herauspräparirt, Kalkflächen durch chemische Einwirkung rauh macht, so dass sie der tastenden Hand eine sammtartige Oberfläche bieten — durchschneidet der Gletscherchliff harte und weiche Theile in gleicher Weise, polirt Kalkflächen, und bringt ihnen nicht selten einen prächtigen Glanz bei. Sehr merkwürdige Gletscherschrammen finden sich²⁾ auf den krystallinischen Gesteinen der Klippen am Huronsee. Hier ist zwar in der Regel der Felsboden mit annähernd parallelen, langgezogenen, der Richtung des Gletschers entsprechenden Furchen und Ritzten bedeckt, aber dazwischen beobachtet man gebogene Linien von 1 Fuss Radius, und zwar nicht nur an Stellen, deren Oberfläche die Richtung des Eises ablenken musste, sondern auch auf vollständig ebenem Gestein. Andere Schliffe zeigten Zickzacklinien von 30 cm Breite, wieder andere bestanden aus unzähligen kurzen gekrümmten Linien, die nach vorn concav, in der Richtung des Gletschereises hintereinander lagen.

Merkwürdig ist der Mangel von Gletscherschliffen im Himalaja. Schon GRIESBACH³⁾ hat auf die ausserordentliche Seltenheit des Vorkommens von Gletscherschliffen hingewiesen. Er ist der Ansicht, dass

1) BRUEKNER, Vergletscherung des Salzachgebietes, S. 12.

2) ANDREWS, Americ. Journal 1883, II, S. 89.

3) DIENER, Deutsche Rundschau für Geogr. u. Stat., XVI, 4, S. 9.

die rasche Verwitterung des Gesteins unter dem Einflusse der sehr beträchtlichen Niederschläge alle derartigen Bildungen in kürzester Zeit zerstören muss. DIENER fand an einem jüngst entblößten Gletscherboden am rechten Ufer des Bamlasgletschers, 5—10 m über der Eisfläche, ausgezeichnete Schliffe.

Nach GRIESBACH fehlen auch gekritzte Geschiebe in der Hochregion des Centralhimalaja, doch konnte DIENER deren in der Grundmoräne des Topidungagletschers auffinden. Dagegen ist es allerdings richtig, dass in den modernen, wie in den älteren Glacialgebieten des Himalaja Grundmoränen so gut wie gar keine Rolle spielen. Die älteren Ablagerungen sind Oberflächenmoränen, die aus scharfkantigen oder gerundeten Blöcken bestehen, und verkittete Glacialschotter, die durch die Denudation in bizarre Erdpyramiden zerlegt werden.

Da die Gletschercorrasion oftmals mit anderen Erscheinungen verwechselt worden ist, hat PENK¹⁾ in einem besonderen Aufsatz auf die „pseudoglacialen“ Phänomene hingewiesen. Nach ihm findet man Schliffe entstanden durch zusammensinkenden Gehängeschutt, herabstürzende Lawinen, durch Bergstürze und Schlammausbrüche (Murgänge). Manche Harnische oder Rutschflächen sehen Gletscherschliffen sehr ähnlich und sind damit oft verwechselt worden. Auch Kritzen werden durch eine Reihe anderer Ursachen erzeugt. Man findet sie in Gehängeschutt, in Gerölllagern, die nicht durch Eis transportiert wurden, und in Murrbrüchen.

Aber eine genauere Untersuchung lässt solche pseudoglaciale Erscheinungen leicht von Gletscherschliffen und Gletscherkritzen unterscheiden. Wie ja schon ALTHAUS²⁾ im Jahre 1837 auf die Unterschiede von Harnisch, Gletscherschliff und Wasserschliff aufmerksam gemacht hat.

In Schuttströmen sind die Steine, weil nicht vom Eise gefasst, beweglicher als unter dem Gletscher; an Gleitflächen und Harnischen liegen die furchenden Vorsprünge absolut fest gegeneinander, so dass im ersteren Falle kein durchgreifender, im letzteren ein absoluter Parallelismus entsteht, während die Furchen des Gletscherschliffes zwar ziemlich parallel sind, aber sich doch nicht selten auch unter spitzem Winkel schneiden. Abgesehen davon ist die Richtung der Gletscherschliffe an den Thalwänden, parallel zur Thalrichtung, meist entscheidend gegenüber anderen Schliffen, die fast nur in der Richtung des stärksten Gefalles, also senkrecht hierzu auftreten.

Sandschliffe theilen mit den Gletscherschliffen die Politur, doch fehlen ihnen gänzlich die charakteristischen Kritzen der letzteren. Auch ist in der Regel nur die Oberseite der Gerölle durch Sand polirt, während ihre untere, in der Erde steckende Fläche, rauh oder wenigstens glanzlos ist.

Die Gestalt der Scheuersteine und der gekritzten Geschiebe ist noch weit mannichfaltiger als die der Gletscherschliffe, und als ein, allen gemeinsames, Merkmal kann höchstens die Abschleifung, oder, je nach der Gesteinsart, die Politur der Flächen gelten. Ihr Umriss ist durchschnittlich nicht annähernd so scheiben- oder eiförmig, wie der

1) PENK, Ausland 1884, S. 641.

2) ALTHAUS, Neues Jahrb. für Min. 1837, S. 536.

der Flussgerölle, sondern meist unregelmässig gestaltet, wie es durch die Aufeinanderfolge der mehr oder weniger ebenen Begrenzungsflächen bedingt ist. Je nach der Grösse der letzteren ist zumeist auch der Charakter der Oberfläche ein verschiedener. Ausgedehntere, wenig gekrümmte Begrenzungsflächen sind ganz ähnlich wie Gletscherschliffe bearbeitet, nur tritt das Kreuzen der Furchen und die Uebereinanderlagerung zweier und mehrerer paralleler Systeme häufiger ein. Kleinere und namentlich stark gekrümmte Flächen sind dagegen ganz unregelmässig, wie mit Fingernägeln zerkratzt, die Furchen sind meist kurz, gekrümmt, an einem Ende grubenartig vertieft, am anderen seicht auslaufend. Derartig bearbeitete Flächen finden sich übrigens auch an anstehendem Fels, in Gruben und Höhlungen, mitten unter den normalen Gletscherschliffen, und man wird nicht fehlgehen, wenn man diese unregelmässige Bearbeitung der Oberfläche, die übrigens bei den gekritzten Geschieben die häufigste ist, auf eine wälzende Bewegung der Steine gegen den Fels, oder gegeneinander zurückführt. Das Vorkommen gekritzter Geschiebe ist ausser von der Art des Gesteinsmaterials, wie es scheint, sehr von der Grösse des Gletschers abhängig. Während auch schon ganz kleine Gletscher sehr schöne Schliffe erzeugen können, finden sich deutlich gekritzte Geschiebe nur an bedeutenderen Gletschern, und zwar treten zunächst nur grosse Exemplare derselben auf, deren Bearbeitung der Gletscherschliffen entspricht. So findet man an den Gletschern der Ostalpen nur ganz selten solche von weniger als 20 cm Durchmesser. Nur an den Gletschern des Kalkgebirges in der Ortlergruppe zeigen sich schöne kleinere Exemplare, und auch diese können nur schwer concurriren mit den zahllosen, prächtig erhaltenen Scheuersteinen, welche die alte thonige Moräne des Alpenvorlandes in jeder Dimension bis zu Nussgrösse herab enthalten. Das Material der Seitenmoräne ist mehr eckig, das der Grundmoräne wird weit vollständiger gerundet und geschliffen.

Werden Gesteinsblöcke durch schwimmende Eisberge weit hinaus in das Meer getragen, so können dieselben im flachen Wasser und auf hervorragenden Klippen leicht Glacialcorrasion erzeugen. Zu der Zeit, als man die Verbreitung der erratischen Blöcke auf schwimmende Eisberge zurückführte, ist die Frage der Eiswirkung am Meeresboden oft besprochen worden. Eine im Jahre 1844 eingesetzte Commission¹⁾, der mehrere Polarreisende angehörten, sprach sich dafür aus, dass Eisberge am Meeresgrund wie ein Pflug lange Furchen ziehen können, und betonte, dass erratisches Material bis 40° N. Br. und 36° S. Br. getragen werde. Dagegen scheint ein auf submarinen Klippen strandender Eisberg leicht krumme, unregelmässige Kritzen zu bilden, denn im August 1827 traf COUTHOUY²⁾ auf der grossen Neufundlandsbank einen Eisberg 20 m hoch und 350 m lang, der durch die Wellen um seine Axe hin und her rotirend bewegt wurde. In den Seiten des Eises sah man grosse Felsblöcke und Erdmassen eingebettet, und auf 2 km Abstand um den Eisberg erschien das Wasser voll Schlamm und Erde, die sein Fuss am Grunde des Meeres unter weithin vernehmbaren Krachen fortwährend aufwühlte.

1) Neues Jahrb. für Min. 1844, S. 842.

2) Americ. Journal 1842, S. 155.

Das häufige Vorkommen vollkommen runder, und kritzenerfreier Blöcke sowohl in der Stirnmoräne recenter Gletscher, wie in Ablagerungen glacialen Ursprungs hängt damit zusammen, dass in den Spalten eines Gletschers fortwährend grosse Mengen von Wasser circuliren und wahrscheinlich¹⁾ auch am Boden des Eises subglaciale Wassergerinne vorkommen. Durch sie erhalten viele Moränenblöcke dieselbe Form, und dieselbe Corrasionsoberfläche wie die in einem Gebirgsbach gerollten Kiesel. Wenn man die scharfkantigen Blöcke der Seitenmoränen betrachtet, wenn man scharfeckige Bruchstücke aus der Tiefe des Eises herausnimmt, dann überzeugt man sich leicht, dass das Eis als solches nicht im Stande ist, Blöcke, die es umfasst, vollkommen abzurunden, sondern dass diese Abrundung eine Wirkung der im Eis circulirenden Schmelzwasserbäche ist. Als im Jahre 1890 der Märjensee ausgeflossen war, bot sich dort die beste Gelegenheit, 50 m unter dem Eis des Aletschgletschers die Beschaffenheit der Grundmoräne, und der in Eis gefassten Felsblöcke zu untersuchen. Hier war das Vorwiegen scharfkantiger Blöcke leicht zu beobachten.

IV. Die Corrasion der Brandung ist eine nicht minder bedeutende Kraft. Es ist ungemein schwer, gerade in diesem Fall die abtragende Thätigkeit der Wellen, von ihrer scheuernden Wirkung zu unterscheiden. Wer einmal bei stürmischer See an einem mit Blöcken oder Geröllen bedeckten Strande gestanden hat, der wird sich des gewaltigen Lärmes erinnern, den die von der Brandung gewälzten Blöcke machen. Kein Wunder, dass die wild durcheinander geschobenen Felsstücke einander abrunden und ihrerseits tiefe Rinnen in die Küstengesteine eingraben. Die grossen und kleinen Felsblöcke²⁾, welche vom Strande herabstürzen, werden durch die Brandungswelle von der Stossseite aus zerstört, entkantet, gerundet. Zuweilen giebt ihnen der Wogenanprall eine drehende und bohrende Bewegung, durch welche, besonders wenn das Küstengestein weicher ist, kesselförmige Vertiefungen in diesem erzeugt werden. HELMERSON³⁾ beobachtete, dass in Finnland überall Riesenkessel durch die Brandung ausgebohrt werden, auf deren Grund noch die Reibesteine lagen. VON MIDDENDORF⁴⁾ fand am Weissen Meere auf der Insel Soinowetz solche Töpfe von 48 cm Tiefe und 15 cm Durchmesser, und überzeugte sich, dass sie von der Brandung erzeugt worden waren. An der Westküste der Sinaihalbinsel beobachtete ich zahllose 10—200 cm tiefe Röhren, und Töpfe in den Kalkfelsen des Ufers, an deren Grund bei Ebbe der gerundete Reibstein sichtbar war. SEMPER⁵⁾ fand an der Ostküste von Luzon dieselben Röhren 10 m tief und 1 m im Durchmesser, mit den am Grunde liegenden Reibsteinen. HUEBNER⁶⁾ beobachtet Aehnliches an der Küste von Natal.

Diejenigen Blöcke und kleineren Gesteinsfragmente, welche von der Brandung gehoben und geschoben werden können, werden abge-

1) NILES, Americ. Journal 1878, II, 366.

2) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 339.

3) HELMERSON, Mem. Acad. St. Petersburg 1868, Nr. 12.

4) v. MIDDENDORF, Zeitschr. der d. geol. Ges. 1862, S. 243.

5) SEMPER, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1862, S. 85.

6) PETERMANN'S Mith., XV, S. 271.

rieben und glattgeschliffen. Zu gleicher Zeit werden sie hin- und hergeschoben, und bearbeiten den freiliegenden Felsboden.

An den Westindischen Inseln z. B. Eustatius, wo durch den regelmässigen Passatwind die Meereswellen ausserordentlich kräftig sind, beobachtet MOLENGRAFF, dass die Küste vielerorts mit vom Wellenschlag fast zu Kugeln abgerundeten Andesitblöcken u. a. bedeckt ist, welche von jeder kräftigen Welle mit ungeheurer Gewalt übereinander gerollt werden. In stillen Nächten hört man diese riesige natürliche Zerreibungsmaschine stundenweit. Die Kraft der Blöcke ist sehr gross und der eckige Kalksand der dortigen Küste wird aus Muschelschaalen durch diese Blöcke gebildet.

Die Schliffflächen, welche durch die Meeresbrandung erzeugt werden, lassen sich nicht unterscheiden von den durch Erosion entstandenen Schliffen. Beide sind in der Regel nur in feuchtem Zustand glänzend und sind dadurch von Sandschliffen leicht zu trennen, doch findet man auch am Meere Kiesel und Gerölle von so harten, feinkörnigen Gesteinen, dass sie auch trocken glänzen.

Durch schwimmende Eisschollen kann die corradirende Kraft der Abrasion sehr gesteigert werden. Wenn sich die Küstenzone ¹⁾ mit Eis bedeckt und diese Decke im Frühjahr zerbrochen wird, und mächtige Schollen gegen das Ufer stossen, so erfolgen viel stärkere Abbrüche als sonst.

Wir wollen zum Schluss noch erwähnen, dass sogar empordringende Lava Corrasionserscheinungen zu erzeugen scheint. An der Pta. del Nasone der Somma findet sich ein Lavagang, dessen Salbänder mit parallelen Streifen bedeckt sind. Da jede andere Ursache der Corrasion ausgeschlossen erscheint, so ist wahrscheinlich diese Streifung während der Eruption der zähflüssigen Lava entstanden.

Auch Felsstürze und Schlammströme üben Corrasion aus, doch laufen die dabei erzeugten Kritzen in der Regel senkrecht auf die Mittellinie der Thalsohle.

1) HAGEN, Seeuferbau II, S. 9.

6. Der Einfluss der Dislocation auf die Stärke der Denudation.

Die Mehrzahl der Gesteine, welche die Lithosphäre aufbauen, lassen eine Zerklüftung erkennen, welche durch horizontale Trennungsflächen bewirkt wird, und als Schichtung wohlbekannt ist. Die Schichtung und Bankung der Gesteine spielt eine grosse Rolle in den Vorgängen der Verwitterung und der Denudation. Denn man kann sich bei allen Denudationsprocessen leicht davon überzeugen, dass unter sonst gleichen Umständen ein Gestein um so leichter zerstört und abgetragen wird, je stärker es durch Schichtenfugen gegliedert ist. Deflation und Erosion, Exaration und Abrasion haben leichtes Spiel, wenn sie auf eine dünngeschichtete Felsart einwirken, denn durch die Schichtungsfugen ist ihnen der Angriffsweg vorgezeichnet, und überall vermögen sie tief in die Felsen hineinzudringen.

Aber neben der Schichtung, deren Entstehung wir in einem besonderen Abschnitt zu besprechen haben, beobachten wir an allen Gesteinen noch eine andere Art von Trennungsebenen, welche meist in vertikaler Richtung in die Felsen eindringen, oder wenigstens die Schichtungsflächen unter einem bestimmten Winkel schneiden. In jedem Steinbruch erkennen wir solche Spalten und Klüfte, mag Granit oder Sandstein, Kalk oder Lehm dort anstehen. Ungeschichtete Gesteine zeigen solche Klüfte ebenso wie dünngeschichtete Bänke, und wenn sie auch an der Oberfläche der Lithosphäre zahlreicher zu sein scheinen, so hat man doch selbst beim Bau des Gotthardtunnels überall Klüfte in der Tiefe der Erdrinde beobachten können. DAUBRÉE¹⁾ hat das Wort Lithoklasen für solche Spalten eingeführt, und unterscheidet Diaklasen, welche als einfache Klüfte das Gestein trennen, von den Paraklasen, oder Verwerfungen, längs deren eine Verschiebung der Felsmassen eingetreten ist.

Bei der hohen Bedeutung, welche Verwerfungen für den Bergbau haben, ist es begreiflich, dass dieselben schon längst verfolgt, mit Sorgfalt beschrieben und in ihrem gesetzmässigen Verlaufe erkannt worden sind. Es darf wohl auch als unbestrittene Ansicht ausgesprochen werden, dass alle Verwerfungen als Folge grösserer tekto-

1) DAUBRÉE, Experimentalgeologie, übers. von Gurlt, S. 270.

nischer Lageveränderungen der Erdrinde betrachtet werden müssen. Verwerfungen besitzen meist einen charakteristischen Parallelismus und lassen sich oftmals durch diese Orientirung auch zeitlich bestimmen. Erdbeben sind die Begleiterscheinungen von Dislokationen, und keine Verwerfung kann entstehen, ohne dass gleichzeitig ein Beben der Lithosphäre auftritt.

Während die Verwerfungen meist grössere Dimensionen besitzen, und oftmals viele Kilometer lang verfolgt werden können, besitzen die Klüfte oder Diaklasen in der Regel nur eine geringe Länge. Aber ganz wie bei den Paraklasen können wir auch bei ihnen einen ausgesprochenen Parallelismus erkennen, und sogar nachweisen, dass sie wiederum oft mit den Verwerfungen parallel verlaufen.

Dass Verwerfungen und Klüfte eine nothwendige Folge der Erdbeben, und damit der Dislocationen sind, dafür giebt uns jeder Erdbebenbericht die Belege. Denn es bilden sich bei heftigen Erdbeben nicht nur in Gebäuden und Mauern Risse und Sprünge, sondern auch der Erdboden selbst wird durch Klüfte zerschnitten und das feste Gefüge der Lithosphäre wird gelockert. Die Spalten¹⁾, von schmalen Rissen bis zu breiten kilometerlangen Klüften, haben meist einen geradlinigen, bisweilen einen zickzackförmigen, selten einen krummlinigen Verlauf, entstehen oft in sehr grosser Anzahl, schliessen sich jedoch zum Theil direkt wieder. Die geöffnet bleibenden Spalten zeigen sehr häufig einen auffallenden Parallelismus, oder laufen strahlenförmig von einem Mittelpunkt. In manchen Fällen tritt eine Verwerfung der Gesteinslager auf der Spalte ein.

Es entstehen also durch Erdbeben sowohl Diaklasen, wie Paraklasen; und wenn die gebildeten Spalten sich auch vielfach wieder schliessen, so ist doch die entstandene Spaltenkluft beständig eine Stelle geringerer Festigkeit des Gesteins.

Durch den Gebirgsdruck entsteht endlich jene eigenthümliche Zerklüftung der Gesteine, die wir als Schieferung bezeichnen und durch welche eine, aus übereinanderliegenden Schichten bestehende, Gesteinsmasse in vertikale gerichtete Platten zerlegt werden kann.

Aus dem Gesagten geht also mit aller Sicherheit hervor, dass durch Dislocationen sowohl Paraklasen, wie Diaklasen, wie Schieferungsklüfte entstehen. Mit anderen Worten, durch jedes Erdbeben und jede Dislocation wird der davon betroffene Theil der Erdrinde in seinem Gefüge gelockert, seine Festigkeit wird vermindert.

Wir haben bei Besprechung der Denudationsvorgänge gesehen, dass die Verwitterung um so leichter arbeiten kann, je zerklüfteter und je gelockerter eine Felsmasse unter sonst gleichen Umständen ist. Die Summe der durch Verwitterung mechanisch und chemisch zersetzten Gesteins ist also um so grösser, je heftiger ein Theil der Lithosphäre von Dislocationen und Erdbeben heimgesucht wird. Die denudirenden Transportkräfte räumen Alles hinweg, was die Verwitterung gelockert hat. Infolgedessen wird die Ablation eines Gebietes um so stärker sein, je mehr dasselbe durch Dislocation zerklüftet war.

6) CREDNER, Elemente der Geologie 1891, S. 183.

I. Wenn wir auf der vegetationslosen Landstrasse dahin wandern, dann sehen wir, dass ein schwacher gleichmässig wehender Wind den darauf liegenden Staub nicht hinwegblasen kann. Sobald aber durch einen heranrollenden Wagen die Staubtheilchen verschoben und bewegt werden, dann wirbelt eine Staubwolke in die Höhe und der nach wie vor schwache Wind denudirt jetzt die Landstrasse in auffallender Weise. Die Transportkraft des Windes hat sich nicht gesteigert, und doch ist seine denudierende Wirkung eine kräftigere geworden, nur durch das Hinzutreten des rollenden Wagens, der die Staubtheilchen verschob und sie dadurch dem Winde angreifbar machte.

Ein mässiger Wind streicht über die sonnenglühende Wüstenebene, doch bleibt die Luft klar, er vermag nicht zu deflatiren. Da sehen wir eine Karawane über die Ebene ziehen, und unter den Füßen des Dromedare erhebt sich eine Staubwolke. Der Wind ist von unveränderter Stärke, und doch ist seine Denudationskraft lokal eine intensivere geworden durch das Hinzutreten einer Kraft, welche die Theilchen des Erdbodens verschoben und dem Winde neue Angriffspunkte geboten hat.

In den Lösslandschaften¹⁾ von China lockern die Räder der Wagen und der Huf der Lastthiere den Boden der Strassen auf; der Wind führt den Staub hinweg; es bilden sich Hohlwege, die im Laufe der Zeiten eine Tiefe von 15—30 m erreichen und dann verlassen werden.

Wir kommen also zu dem Schluss, dass die Intensität der Deflation nicht nur durch eine Steigerung der Transportkraft erhöht werden kann, sondern dass auch eine mechanische Veränderung des zu deflatirenden Gesteins bei unveränderter Stärke des Windes, doch eine erhöhte Denudationswirkung hervorruft und dass diese stärkere Deflation auf die Stellen beschränkt ist, wo die secundäre Veränderung des Gesteins erfolgte.

II. Jede Quelle entspricht einer Erosionskraft. Das Regenwasser ist in die Felsen eingedrungen, hat chemisch und mechanisch denudirend gewirkt und tritt mit den gelösten und geschlämmten Stoffen beladen, als Quelle zu Tage. Wir beobachten, dass oberflächlich entspringende Quellen nach einem Regen mehr Wasser geben und dass das Wasser getrübt hervorsprudelt. Diese Thatsache lehrt uns, dass durch eine Vermehrung der Transportkraft, auch eine höhere Denudationswirkung ausgeübt wird, dass mehr Wasser mehr Gestein erodirt.

Es ist nun eine vielfach beobachtete Thatsache, dass Quellen auch nach einem Erdbeben sich trüben, ohne dass ihre Wassermenge eine grössere geworden wäre. Freilich werden bei Erdbeben-Beobachtungen in der Regel die Wirkungen des Erdbebens auf Menschen und Menschenwerk genauer untersucht und sorgfältiger beschrieben, als die darnach auftretenden Erscheinungen an Quellen, aber wenn man bedenkt, wie unwichtig dem Beobachter eines Erdbebens die vorübergehende Veränderung einer Quelle erscheinen muss, gegenüber den bleibenden Verwüstungen bewohnter Orte, dann muss es uns doch auffallen, wie häufig von der Trübung der Quellen berichtet wird. Ich greife einige Beispiele heraus:

1) v. RICHTHOFEN, China, I, S. 96.

Während des Neapolitanischen ¹⁾ Erdbebens von 1631 versiegte das Wasser in den Brunnen oder wurde trüb.

Am 20. Sept. 1692 trübten sich die Mineralquellen von Spaa.

Am ²⁾ 25. Juli 1855 brachen bei Visp manche Quellen hervor, welche bis zum Beginn des Winters milchig flossen. Bei Saas wurden 4 stark getrübe Quellen beobachtet.

Im Vispthal blieben die Quellen zwar klar, setzten aber seitdem grosse Mengen von Eisenocker ab.

Das Badewasser von Leukerbad wurde $\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Erdbeben grau und undurchsichtig.

Während des Erdbebens von Lissabon wurden in Neuenburg einige Quellen trübe, ohne dass es vorher geregnet hätte; ebenso bei Basel und bei Aix in Savoyen.

Am 9. Dezember 1755 wurde eine Quelle bei Ingolstadt röthlich, am 20. März 1770 flossen die Brunnen von Chateau d'Oex mehrere Stunden lang trübe und bräunlich. Am 18. April 1774 beobachtete man dasselbe bei Engelberg.

Nach dem Erdbeben ³⁾ am 5. März 1823 trübten sich die Thermen von Termini in Sicilien. Nach dem ersten Stoss des Erdbebens am 10. Juni 1845 in Salzburg, flossen die Grubenwasser $2\frac{1}{2}$ Stunden lang roth, trübe und schlammig aus.

Während des Erdbebens ⁴⁾ am 6. März 1872 flossen drei Quellen und einige Brunnen bei Gera leicht getrübt.

Das Wasser ⁵⁾ der Quellen wird oft während eines Erdbebens auf längere oder kürzere Zeit getrübt.

Eine interessante Thatsache über den Transport nach einem Erdbeben berichtet LYELL ⁶⁾ von Jamaika, wo 1692 zuerst die Flüsse 24 Stunden lang versieigten. Dann verfrachteten sie eine grosse Menge entrindeter Bäume, deren Aeste abgebrochen waren. Die Blue Mountains boten nach dem Erdbeben nicht mehr den grünen Anblick, sondern waren ihrer Wälder beraubt.

Ich glaube, die angeführten Beispiele genügen, um die Ansicht zu belegen, dass bei Erdbeben thatsächlich eine erhöhte Erosionskraft ausgeübt wird, ohne eine Verstärkung des erodirenden Wassers. Alle Erdbeben, während deren starke Regengüsse fielen, mussten natürlich für unsere Erörterung bei Seite gelassen werden, allein die Häufigkeit der Trübung von Quellen nach einem Erdbeben ohne Regengüsse, ist bemerkenswerth.

III. Beobachtungen über die Veränderungen von Moränen nach Erdbeben liegen nicht vor, aber aus der Analogie der besprochenen Denudationsvorgänge ist wohl die Annahme ähnlicher Erscheinungen bei der Exaration naheliegend.

IV. Dass bei Erdbeben die Abrasion eine viel bedeutendere ist, geht aus allen Berichten hervor. Freilich darf man in diesem Fall nicht übersehen, dass durch ein Erdbeben gewöhnlich die Stosskraft der

1) J. ROTH, Der Vesuv, S. 10.

2) VOLGER, Erdbeben der Schweiz.

3) BISCHOFF, Lehrbuch der Ch. und Phys. Geol., III, S. 512.

4) v. SEEBACH, Das mitteld. Erdbeben, S. 95.

5) FUCHS, Die Vulkan. Erschein. der Erde. S. 409.

6) LYELL, Principles of Geology, 1872, II, S. 162.

Wellen verstärkt wird, dass die Seebebenwelle eine ganz hervorragende Krafterleistung entfaltet. Es ist daher nicht ganz so einfach, wie bei der Erosion, die Erhöhung der Denudationswirkung ohne Verstärkung der Abrasionskraft nachzuweisen, und es bedarf daher noch diese Frage erneuter Untersuchungen.

Die Dislocationen sind räumlich und zeitlich begrenzt. Indem wir also gezeigt haben, dass Dislocationen eine Steigerung der Denudation bewirken, haben wir damit auch den Gedanken vorbereitet, dass die Verschiedenheit der Denudation im Raume nicht allein durch eine Veränderung der Denudationskräfte hervorgerufen werden kann, sondern, dass Regionen heftiger Dislocation stärker denudiert werden, als ungestörte Schichten.

Wenn wir ein Faltengebirge wie den Schweizer Jura sorgfältig untersuchen, so kann es uns nicht entgehen, dass die antiklinalen Sättel tiefe Spaltenthäler zeigen, während die benachbarten synklinalen Mulden ohne Thaleinschnitte sind. Auf dem schmalen Kamm¹⁾ der Bergücken finden wir tiefe Thäler durch den Malm bis in den Dogger und Lias eingeschnitten, während in den Mulden, welche die Wasser sammeln, und in welchen daher die erodirende Kraft derselben viel bedeutender ist, die überlagernde Molasse zwar angeschnitten wurde, aber kein Rinnsal sich in den Malm einzugraben vermochte. Der scharfe, augenfällige Gegensatz zwischen eingeschnittenen Antiklinalkämmen und intakten Mulden tritt wohl nirgends so schroff auf, wie im Münsterthal; er ist um so auffallender, da er sich überall wiederholt.

Man kann sich nicht vorstellen, dass die Antiklinalrücken früher entstanden sind, als die dazwischen liegenden Mulden; und wenn man auch annehmen wollte, dass die letzteren am Boden des Molassemeeres vor Denudation länger geschützt blieben, so ist doch ein solcher Erklärungsversuch für die Mehrzahl der, in anderen Gebirgen vorkommenden Spaltenthäler nicht ausreichend. Denn beim Vergleichen beliebiger Profile aus Faltengebirgen erkennt man durchgängig, dass sich in die Synklinalmulden keine Thäler eingeschnitten haben, dass hingegen benachbarte Antiklinalrücken durch tiefe Einschnitte getheilt erscheinen.

Die Wirkung der denudirenden Kräfte kann also nur eine nebensächliche sein, gegenüber dem wichtigeren Faktor, der physikalischen Beschaffenheit des Gesteinsmaterials. Da aber gewöhnlich in den benachbarten Faltheilen die ursprüngliche Gesteinsbeschaffenheit der Schichten als gleich angenommen werden kann, so muss durch den Faltungsprocess selbst eine nachträgliche Verschiedenheit erzeugt worden sein.

Wenn wir jenen Horizont in einer zu faltenden Schichtengruppe, auf welchen das Maximum der faltenden Kraft wirkte, als die „Normalebene der Faltung“ bezeichnen, so ist es klar, dass diese Normalebene in verschiedener Tiefe unter der Erdoberfläche liegen kann. Sie kann bei ganz oberflächlichen Stauchungen fast mit der Erdoberfläche zusammenfallen, oder in beliebiger Tiefe gelagert sein. Bildet sich eine Falte, so werden in der Antiklinale die äusseren Schichten oberhalb

1) J. WALTHER, *Jenaische Zeitschr. f. Naturw.* XX, 1886, S. 3.

der Normalebene gelockert, während gleichzeitig unterhalb der Normalebene eine Zusammenpressung der Schichten erfolgt. Das Gegentheil findet in einer Synklinale statt, denn hier werden die Schichten über der Normalebene zusammengeschoben, unter derselben aber gelockert. Indem die Denudation auf ein solches dislocirtes Gebiet überall mit gleicher Intensität einwirkt, wird die geleistete Arbeit an verschiedenen Stellen der Falten eine verschiedene sein. Auf den zusammengepressten Oberflächenschichten der synklinalen Mulden ist die Denudation nicht imstande sich einzugraben, dagegen bieten die aufgelockerten Antiklinal-Kämme den Angriffen der Denudation nur ganz geringen Widerstand. Und obwohl sich im Becken einer Synklinale viel mehr erodierende Wassermassen sammeln, so vermögen sie doch hier bei weitem nicht jene Kraftleistung zu entfalten, wie auf den schmalen Kämmen der antiklinalen Rücken, auf denen das Gestein gelockert ist.

Das Beispiel der Spaltenthäler lehrt uns also, dass die Lockerung des Gesteins durch dislocirende Vorgänge eine massgebende Rolle bei der Denudation spielt, dass viele räthselhafte Denudationswirkungen nicht durch eine lokale Steigerung der denudirenden Kräfte, sondern durch das Hinzutreten der Bildung tektonischer Lithoklassen bedingt sind.

Wir haben auseinandergesetzt, dass das Vorkommen intensiver Denudationswirkung räumlich zusammenfällt mit den Regionen stärkerer Dislocation, dass die durch tektonische Störungen entstandenen Paraklassen und die noch häufigeren Diaklassen eine massgebende Rolle für die Denudation spielen, und manche lokal gesteigerte Denudationswirkung in ungezwungener Weise erklären.

Und wenn wir den zackigen Kamm eines Kettengebirges mit den ruhigen Konturen eines Tafellandes vergleichen, wenn wir beobachten, dass in den höheren Gebirgen die Denudation stärker wirkt als in den niedrigen Bergzügen, so ist Solches nicht nur eine Folge der orographischen Höhe, sondern eine Wirkung der verschieden starken Dislocationen. Jedes Spaltenthal, jede geöffnete Antiklinale ist ein Beweis dafür, dass die Denudation da am stärksten wirkt, wo das Gestein durch Dislocation am heftigsten gelockert wurde.

Dieser, neuerdings wieder von einer Reihe von Geologen vertretene Grundsatz hat aber für die Erdgeschichte, für die zeitliche Betrachtungsweise noch eine andere Consequenz.

Die Summe der mechanischen Ablagerungen eines Zeitabschnittes entspricht der Summe des gleichzeitig denudirten Materials. Die Denudationsprodukte von Deflation, Erosion und Exaration werden zu neuen Sedimenten. Mag sich am Abhang des Gebirges ein Schotterlager bilden, mag der Schlamm durch Flüsse bis in das Meer getragen werden, mögen Sandkörner zu hohen Dünenketten aufgeschüttet, oder Staubtheilchen zu Lössgesteinen angehäuft werden, die Summe der gleichzeitig gebildeten Ablagerungen wird um so grösser sein, je mehr Denudationsprodukte in derselben Zeit entstanden sind.

Unter dem Einfluss der Neptunisten wurde den Denudationskräften früher eine um so gewaltigere Leistungsfähigkeit zugesprochen, je mächtigere Denudationswirkungen zu erklären waren. Je tiefer ein Thal war, desto grösser musste der Fluss sein, der es eingegraben

hatte; je mächtiger ein Gerölllager war, desto heftigere Strömungen hatten es aufgeschüttet.

Nach dem Gesagten dürfte es aber leicht verständlich sein, dass die wechselnde Intensität der Denudation räumlich und zeitlich nicht so sehr durch die Veränderung der denudirenden Kräfte, als durch das Hinzutreten von Dislocationen zu erklären ist. In einem dislocirten Gebiet ist die Denudation stärker als in einem ungestörten Tafelland, und zwar äussert sich diese Wirkung nicht allein in der Abtragung, sondern ebenso sehr in der Aufschüttung der Denudationsprodukte.

Was wir aber bisher nur räumlich betrachtet haben, dass äussert sich ebenso zeitlich in der Aufeinanderfolge der Formationen. Es ist bekannt, dass Dislocationen nicht nur räumlich auf der Erdoberfläche begrenzt erscheinen, sondern dass sie auch zeitlich bedingt sind. Die Bildung eines jeden Gebirges lässt sich historisch einordnen in die Reihe der Geologischen Formationen, und die Stärke der Dislocationen giebt uns einen Massstab für die wechselnde Intensität des Gebirgsbildungsvorganges. Geradeso wie eine Gegend stärkerer Dislocation zugleich der Schauplatz stärkerer Denudation ist, wie in einem Faltengebirge mehr Gestein denudirt, und in seiner Umgebung mehr Ablagerungen aufgeschüttet werden als in einem ungestörten Gebiete, so sind zeitlich betrachtet: Perioden stärkerer Dislocation gleichzeitig Perioden kräftigerer Denudation und gesteigerter Bildung klastischer Gesteine.

Die Mächtigkeit und Masse von klastischen Gesteinen ist also kein absoluter Massstab weder für die Länge der bei ihrer Bildung verfloßenen Zeit, noch für die Stärke der dabei thätigen Denudationskräfte, denn bei unveränderter Kraft der Deflation, Erosion, Abrasion Exaration, ist ihre Wirkung doch verschieden, je nachdem gleichzeitig Dislocationen erfolgen, oder die Gebirgsbildung ruht.

Den Principien der ontologischen Methode getreu, können wir die Denudationskraft des Windes, des Wassers, der Gletscher und der Meereswellen als constant betrachten. Wir haben es nicht nöthig, „plötzliche¹⁾, weitverbreitete, und ausserordentliche Revolutionen“ anzunehmen und „die in der Natur nach strengen Gesetzen gemessenen und gewogenen Kräfte und ihre nicht minder gemessenen Wirkungen mit verwegenen Händen zu steigern, und sie ohne Maass zu vergrößern.“

Wir kommen mit den heute wirksamen Kräften vollkommen aus, wenn wir bedenken, dass die Denudation und die Auflagerung correlative Erscheinungen sind, und dass beide räumlich und zeitlich durch das Hinzutreten von Dislocationen in überraschender Weise gesteigert, und in ihrer Wirkung wunderbar gefördert werden.

1) K. v. HOFF, Geschichte d. Natürl. Ver., I, S. 26.

7. Die Denudationsflächen.

Denudation und Auflagerung sind Anfang und Ende desselben Vorgangs, sie schliessen einander räumlich und zeitlich aus; und wenn an einer Stelle der Lithosphäre Denudation stattfindet, so kann nicht gleichzeitig daselbst aufgelagert werden.

Aber Denudation und Auflagerung stehen nicht allein in dem dynamischen Gegensatz, dass der eine Vorgang den anderen ausschliesst, sondern auch morphologisch besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden: denn diejenige Oberfläche der Lithosphäre, welche durch Denudation entstanden ist, lässt sich leicht unterscheiden von jener Oberfläche, die eine frischgebildete Ablagerung nach aussen begrenzt.

Die kahle Felswand im Hochgebirge von der jeder Frost neue Blöcke ablöst, ist eine Denudationsfläche, während die Oberfläche des Schuttkegels, welcher aus der Anhäufung jener Blöcke entsteht, eine Auflagerungsfläche darstellt. Das Karrenfeld, welches durch die lösende Thätigkeit des Wassers entstand, ist eine Denudationsfläche; wollen wir die dazu gehörige Auflagerungsfläche kennen lernen, so müssen wir die Oberfläche eines festländischen Lagers von Süsswasserkalk, oder eines marinen Korallenriffes betrachten.

Die mit Rundhöckern und Schrammen bedeckte Sohle eines Gletscherthales ist eine Denudationsfläche; die vielgestaltige unebene Moränenlandschaft entspricht der Auflagerungsfläche des Exarationsvorganges.

Die steile Thalwand an deren Gehängen das erodirende Wasser nagt, stellt sich als Denudationsfläche dar, während der Schuttkegel eines fernen Deltas die dazu gehörige Auflagerungsfläche bildet.

Aber wir beobachten Denudationsflächen nicht allein auf der heutigen Erdoberfläche, sondern nach den Gesetzen der ontologischen Methode muss es bei erdgeschichtlichen Studien unsere vornehmste Aufgabe sein, auch prähistorische, fossile Denudation und Auflagerung leicht zu erkennen; und in einem früheren Abschnitt haben wir gezeigt, dass Discordanz und Concordanz die äquivalenten Erscheinungen im Profil der Erdrinde darstellen.

Das was uns auf dem Querschnitt als Discordanz entgegentritt, erscheint bei flächenhafter Betrachtung als eine Denudationsfläche; und wo wir concordante Schichtenfugen zwischen zwei Schichtensystemen

beobachten, da hat seiner Zeit Auflagerung geherrscht. Wir haben schon erwähnt, dass es sich hierbei um die Regel handelt, und dass man sich vor scheinbaren tektonischen Discordanzen ebenso zu hüten hat, wie vor der mehrfach beobachteten scheinbar concordanten Ueberlagerung zweier durch einen langen Zeitraum getrennter Formationen.

Es scheint neuerdings die Meinung viel verbreitet, als ob nur durch Abrasion eine ausgedehnte Discordanz entstehen könne, und man ist vielfach geneigt, die übergreifende, transgredirende Ueberlagerung ohne Bedenken sofort als eine „Abrasionsfläche“ anzusprechen. Aber die Beobachtung recenter Erscheinungen lehrt uns, dass eine transgredirende, discordante Ueberlagerung z. B. durch fossilere, diagonalgeschichtete Sandsteine, auch auf dem Festland entstehen kann. Wenn wir also bei unseren Schlüssen nicht die Grenzen exakter Beweisführung überschreiten wollen, so dürfen wir im Allgemeinen jede discordante oder transgredirende Ueberlagerung als eine Denudationsfläche betrachten, aber es gehört ein besonderes, eingehendes Studium dazu, um den speciellen Charakter einer solchen Denudation zu erkennen, und zu zeigen ob sie durch Deflation, Erosion, Exaration oder Abrasion entstanden ist.

Bei jeder erdgeschichtlichen Untersuchung ist es also unsere erste Aufgabe, zu prüfen: ob Denudation oder Auflagerung vorliegt; dann sollen wir untersuchen ob jene discordante Denudationsfläche durch den Wind, das fließende Wasser, das Gletschereis, oder die Meereswellen entstanden sein möchte. Hierfür einige Anleitung zu geben, und an einigen charakteristischen Beispielen die Formen der Denudationsflächen zu beschreiben, ist die Aufgabe dieses Abschnittes.

Das Grundgesetz aller Denudation ist dieses: der Denudationsvorgang vollzieht sich ununterbrochen so lange bis eine solche Denudationsfläche erzeugt ist, dass die spezifische Denudationskraft nicht mehr wirken kann. Einige Beispiele werden diesen Satz erläutern. In dem trockenen Wüstenklima ist die physikalische Härte eines Gesteins ein grösserer Schutz gegen die Deflation, als die chemische Löslichkeit einer Felsart. Infolgedessen sehen wir in den Salzwüsten von Tunis Tagereisen weit den Boden mit krystallinischen Salzschichten bedeckt; dieses Salz schützt sogar darunter liegende Thonschichten vor den Angriffen der Denudation. Das Gegentheil findet in einem regenreichen Klima statt. Hier ist eine wasserundurchlässige Thonschicht den Angriffen der Denudation gegenüber so widerstandsfähig, dass sie ein darunter befindliches Salzager vor der Auflösung und Zerstörung vollkommen schützt.

An den Gehängen eines Vulkanes werden die weichen Tuffablagerungen so lange denudirt, bis die darunter liegenden härteren Lavaströme zu Tage kommen, und der Denudation für lange Zeit ein Halt gebieten. Sie kann nur noch an den Rändern dieser Lavaströme weiter wirken, und modellirt auf diese Weise die härteren Lavadecken aus dem weichen Schutt heraus.

Ein Bach schneidet sich in eine Reihe weicher Schichten ein, solange bis das sogenannte „Endprofil“ erreicht, d. h. die Grenzen¹⁾ der mechanischen Wirkung, welche das Gewässer bei gegebenem Maass

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 141.

allmählicher Zunahme der Wassermenge von oben nach unten, und bei gegebenem Material zu leisten vermag. Ist diese Linie hergestellt, so findet weder Erosion noch Ablagerung statt.

Jedes Ufer¹⁾ ist am offenen Meer der Zerstörung ausgesetzt. An der Ostsee kann man beobachten, dass sie sich bereits soviel erweitert hat, dass sie überall an festere Grenzpunkte gekommen ist, die der Abrasion in höherem Masse Widerstand leisten. Wo sich weichere Ufergesteine finden, hat der Abrasionskampf erst später begonnen.

Es giebt also für jede Denudationskraft bestimmte Grenzen, die theilweise in der Art der Denudation, theilweise in der Beschaffenheit des zu denudirenden Gesteines liegen; und der Denudation wird ein Halt geboten, wenn eine solche Grenze erreicht ist.

Da also in der Gegenwart die Wirkung der Denudation durch bestimmte Umstände verzögert und gehindert wird, so können wir annehmen, dass wir auch in den discordanten Schichtenfugen der Vorzeit vornehmlich die Querschnitte solcher Flächen wieder zu sehen Gelegenheit haben, die in der Gegenwart²⁾ als „Endziel der Denudation“, als Denudationsfläche beobachtet werden. Und es eröffnet sich bei der Verschiedenheit der heutigen Denudationskräfte die Möglichkeit, auch für fossile Denudationsflächen die Kräfte zu erschliessen, durch die sie erzeugt worden sind.

Aber die Grenze der Denudation wird nicht nur durch den Charakter des Gesteins bestimmt, sondern in nicht geringerem Masse durch die Eigenschaften der Denudationskraft. Wir können in dieser Hinsicht die 4 wesentlichen Denudationskräfte in lokale und regionale einteilen.

Eine lokale Denudationskraft ist die Erosion. Zwar denudirt das über den Erdboden rieselnde Regenwasser eine kurze Zeit lang auf wenig geneigtem Terrain, die ganze vom Regen überschüttete Fläche, allein sehr rasch vereinigen sich die Wassergerinne zu kleinen Bächen, Flüssen, Strömen, so dass die anfangs regional wirkende Erosion sehr bald ihre denudirende Wirkung auf enge Thäler concentriert und dieselben immer mehr vertieft. Selbst in den regenarmen Felsenwüsten finden sich Erosionsschluchten überall wo öfters Regen fällt, und nur die trockenen Ebenen zeigen kaum ange deutete Thalsenken.

Eine lokale Denudationskraft ist auch die Exaration ausserhalb des Polarkreises. Die Eismassen, welche in den Hochgebirgen entstehen und als Gletscher zu Thäle ziehen, ähneln so sehr den Flüssen und Strömen, dass auch bei ihnen die Entstehung tiefer Thalfurchen häufiger ist, als eine allgemeine Abtragung des Landes. Nur im Polargebiet, unter der ausgedehnten Decke des Inlandeises wird auch die Exaration regional. Dann ablatiren die gewaltigen Eisfelder allen Verwitterungsschutt, dem sie auf ihrem Wege begegnen, und denudiren ausgedehnte Flächen.

Regional denudirt die Deflation, denn die bewegte Luft, die Winde und Stürme brausen über Berg und Thal und heben auf

1) HAGEN, Seeuferbau, I, S. 245.

2) PENK, Verh. des VIII. Deutschen Geogr.-Tages 1889, S. 91.
Dass. 1891, S. 23.

der kahlen Bergspitze ebenso jedes gelockerte Theilchen ab, wie im Grunde einer Einsenkung. Wir würden ihre regionale Thätigkeit bei uns leichter beobachten können, wenn nicht der Erdboden meist von Vegetation bedeckt und dadurch geschützt wäre gegen die Angriffe des Windes. Auf dem Plateau der Rauhen Alp tragen die schwäbischen Bauern Steine auf ihre Felder, und belegen damit die Ackerkrüme, denn sonst würde dieselbe durch Deflation rasch entfernt werden.

Umso leichter ist es, in den vegetationsarmen Wüsten den regionalen Charakter der Deflation zu erkennen. So weit das Auge reicht, verhüllt eine ungeheure Staubwolke das ganze Land, und die Deflation erniedrigt überall den Boden.

Regional denudirt die Abrasion, aber während die Deflation gleichzeitig ein gewaltiges Gebiet abtragen kann, und überall mit derselben Intensität wirksam ist, concentrirt sich die abradirende Wirkung des Meeres in der Strandlinie. Durch Deflation kann ein grosses Festland auf einmal eingeebnet und denudirt werden, durch Abrasion kann es nur nach und nach, beim Vorrücken der Strandlinie, geschehen. Eine Deflationsebene ist also an jedem Punkte gleichalterig, eine Abrasionsebene ist immer zu verschiedenen Zeiten entstanden, und zwar liegen die älteren Theile da, wo das Meer seine transgredirende Bewegung begann. Schematisch dargestellt, sehen wir also:

lokale Denudation:	regionale Denudation:
Erosion	—
Exaration (durch Gletscher)	Exaration (durch Inlandeis)
—	Deflation (gleichzeitig)
—	Abrasion (succesiv).

Infolgedessen werden wir eine sehr unebene discordante Denudationsfläche als die Wirkung von Wasserströmen oder von Gletschern ansehen müssen, während eine ausgedehnte Denudationsebene durch Inlandeis, durch den Wind oder durch die Brandung entstanden sein kann.

I. Die Denudation durch bewegte Luft, oder Deflation ist am schärfsten in Wüstengebieten ausgeprägt. Hier regnet es so selten, dass die Wirkung der Erosion nur eine lokale Bedeutung beanspruchen kann. Die Thätigkeit von Exaration und Abrasion ist dort ausgeschlossen. Daher kann uns das Relief von Wüstengebieten, sofern es sich um die Oberflächenformen des anstehenden Gesteins handelt (nicht um die Formen der in Wüsten gebildeten Alluvionen) lehren, woran wir eine durch überwiegende Deflation entstandene Denudationsfläche erkennen mögen.

Granit und ähnliche krystallinische Gesteine bilden, im Gegensatz zu den rundlichen Bergzügen eines regenreichen Klimas, in der Wüste meist hoch aufragende, mit steilen Wänden versehene Bergzacken. Die Gehänge sind schuttlos, die Spitzen steil und zerrissen, etwa wie die Dolomitberge von Südtirol. Bis ins Einzelne ist die Oberfläche des Granits am Sinai in Säulen und Kugeln, Pilaster und Schluchten gegliedert. Die Thäler sind meist riesige Kesselgruben, welche durch eine schmale Erosionsrinne zu einem hydrographischen System vereinigt werden; oder es überwiegen die steilwandigen Schluchten, besonders wenn Eruptivgänge der Denudation vorgearbeitet haben.

Wir brauchen nur die Form der hochalpinen Granitgebiete mit dieser Schilderung zu vergleichen, um auch hier, bei überwiegender Winddenudation, ähnliche Bildungen wiederzuerkennen; und die aus dem Eise von Grönland aufragenden Nunataker zeigen uns wiederum die zerrissene Steilheit der durch den Wind denudirten Felsen. Freilich treten im Hochgebirge und im Polarland noch andere Kräfte zu dem denudirenden Wind, und so typisch wie in der Wüste, finden wir Deflationsflächen kaum wieder.

Auch dislocirte krystallinische Schiefer tragen in der Wüste den Stempel der Zerrissenheit und Steilheit. Wie die Aiguilles der Montblancgruppe ragen sie trotzig in die Luft.

An den Rändern der Wüsten, wo die Winddenudation nicht mehr so typisch und einseitig wirkt, können wir auch andere Oberflächenformen am Granit erkennen. Am Rande der Nordindischen Wüste sieht man Gruppen gerundeter Granithügel von kuppelförmiger Gestalt, ganz wie Rundhöcker aussehend. Doch findet sich meist auf der Nordseite eine durch Verwitterung entstandene Hohlkehle an denselben.

In Südafrika beobachtete STAPFF¹⁾ flache Rundhöcker, mit rauher Oberfläche, schalig verwitternden Flächen, aber ohne Glättung, und ringsum gleichmässig ausgebildet. Auch SCHENK beobachtete bei Angra Pequena solche flache gerundete Granithügel.

Dagegen treten in den Wüsten von Utah die zackigen Konturen der krystallinischen Berge wieder mehr in den Vordergrund, und ebenso zackig und steil sind nach den Berichten von EUTING die Bergformen des Granits in Innerarabien.

Sehr wesentlich verschieden ist die Oberfläche geschichteter Gesteine in Regionen überwiegender Deflation. Meist wird die Oberfläche der Landschaft von einer härteren Bank gebildet, oder sie schützt sich durch ein Lager härterer Einschlüsse, wie Versteinerungen oder Concretionen, die in weicheren Gesteinen vertheilt waren, gegen die deflatirende Wirkung des Windes. Sandstein und Kalksteingebirge zeigen, wenn sie nicht dislocirt sind, in der Wüste vollkommen ebene Flächen (Hamada) und meist bildet eine härtere Bank die obere Begrenzungsfläche. Am Rande dieser Bank ist in der Regel eine tiefe Hohlkehle, und die Böschung bis zu der nachfolgenden härteren Bank ist gewöhnlich von steilem Neigungswinkel. Am Rande ist das Tafelland ausserdem oft durch enge, steile, vielgewundene Schluchten angeschnitten und vorgelagerte „Zeugenberge“ lassen erkennen, dass das Tafelland auch von den Seiten her durch Denudation zerstört zu werden beginnt. Alle²⁾ Gipfel und Kämme liegen in dem gleichen Niveau, alle Profile zeigen dieselben staffelartigen Absätze der einzelnen Schichten.

Nur wenn die Zerklüftung³⁾ der obersten Schichten aufs Aeusserste vorgeschritten ist, kommt eine gezackte Kammlinie zustande. Einzelne isolirte Massen sind oft auch in Kegelform zu treffen, indem oben von der obersten Lage einer härteren Bank nur noch der Gipfelpunkt übrig ist. Wenn aber einmal die schützende härtere Bank soweit zer-

1) Verh. der Ges. für Erdkunde Berlin 1887, S. 49.

2) DOUGHTY, Arabia Deserta, I, S. 243.

3) v. BARY, Zeitschr. Ges. für Erdkunde Berlin 1876, S. 175.

wittert ist, dann beginnt die Deflation rasch das ganze Gebiet regional so lange abzutragen, bis wiederum eine härtere Schicht die Landschaft ebenflächig abgrenzt, und eine Zeit lang dem darunter liegenden weicheeren Gesteine Schutz gewährt.

Die in solche Tafelländer eindringenden Thäler haben meist sehr steile Böschungen, und zeigen oft Amphitheater-ähnliche Erweiterungen. Eine speciellere Schilderung dieser und ähnlicher Vorkommnisse findet man in meinem Werk: Die Denudation in der Wüste 1).

Zeugenberge und Kesselthäler sind Wirkungen derselben Kraft, beide haben auch denselben Umriß. Beide sind in allen Wüstengebieten weit verbreitet. Die Zeugenberge sind kleine Tafelberge mit ebener Oberfläche und steilen Böschungen, welche in einiger Entfernung von einem ausgedehnteren Tafelland durch ihre gleiche Höhe und gleiche Schichtenfolge erkennen lassen, dass sie durch Denudation von dem Tafelland abgetrennt und isolirt wurden. Ihre obere Begrenzungsfläche wird durch eine härtere Bank, ihre Gehänge werden durch weichere Schichten gebildet, und ihre Basis entspricht wiederum einer widerstandsfähigeren Schichtentafel. Die Vorberge 2) des Auresgebirges (in der Provinz Constantine) nach Süden bildet ein Gürtel von öden, naktten, höchstens im Winter von spärlicher Vegetation überzogenen tafelförmigen Erhebungen, selten über 100 m hoch, von den Arabern *el meida* = Tisch, genannt. Ihre Böschungen sind oft 45°–78° steil. In der Libyschen Wüste, am oberen Nil, in Arabien, in Indien 3), in Australien, in den Bad Lands von Nordamerika und anderen Deflationsgebieten, sind Zeugenberge beobachtet worden.

In dislocirten Sedimentgesteinen, bei denen nicht mehr durch eine horizontale ununterbrochene Decke die Angriffe der Deflation abgehalten werden, und wo diese überall ihr Werk beginnen kann, bildet sich eine, zwar im Einzelnen unebene, aber doch im Ganzen horizontale Denudationsfläche. Härtere Schichtenköpfe ragen über sie heraus, weichere Gesteine erscheinen vertieft, aber die Denudationsfläche bewahrt auch dann im Allgemeinen ihren ebenen Charakter.

Wir haben früher bemerkt, dass die Deflation meist mit gewissen Corrasionserscheinungen verbunden ist, welche theilweise recht charakteristische Merkmale besitzen. Schon die Verwitterungsformen einer Wüstenlandschaft unterscheiden sich durch das Vorwiegen physikalischer Zerbröckelung und Zerspaltung wesentlich von den Verwitterungserscheinungen eines regenreichen Klimas. Die durch Insolation gebildeten klaffenden Sprünge homogener Gesteine, die Häufigkeit schaliger Absonderung, die Beschränkung chemischer Verwitterung auf die beschatteten Flächen, geben charakteristische Merkmale. Daneben sind die Erscheinungen des Sandschliffes, der Wüstenpolitur sehr bemerkenswerth. Die blatternarbige Oberfläche zusammengesetzter Gesteine, die glänzende Politur von Kalksteinen, die Rundung von Feuerstein und Jaspis, das Heraustreten härterer Fossilien und widerstandsfähiger Concretionen sind wohl zu beachten.

1) Abh. d. Königl. Ges. d. Wissensch. Leipzig XVI, Nr. III, 1891.

2) Buvry, Z. Allg. Erdkunde. Berlin 1858.

3) King, Mem. Geol. Survey of India, VIII, Taf. I, II, III, Holzschnitte 3 und 4.

II. Während bei der Deflation die regionale Ausdehnung und die annähernde Horizontalität vieler Denudationsflächen am meisten charakteristisch ist, wirkt die Erosion wesentlich und am stärksten im Verlauf linearer Wasserläufe. Der Wind, der eine weite Ebene bestreichen kann, denudiert deren Oberfläche überall; das Wasser wird nur unter bestimmten seltenen Umständen auf einer weiten horizontalen Fläche in gleichmässiger Vertheilung denudierend thätig sein können, in der Regel ist seine Thätigkeit beschränkt auf die Thälrinnen. Die Deflation vermag das ganze Land abzutragen und sein Niveau zu erniedrigen, die Erosion concentrirt sich in den Wasserläufen, und schafft damit leicht Unebenheiten, sofern solche nicht schon vorher bestanden. Daher kann ein Festland durch die denudirende Thätigkeit des fliessenden Wassers wohl in orographische und hydrographische Systeme gegliedert werden, deren erste Anlage durch den Verlauf der Lithoklassen bestimmt wird, aber die dabei entstehenden Denudationsflächen sind „Berg und Thal.“ Schwierig wird es, selbst in einem regenreichen Klima die Wirkung der Erosion von den Leistungen der Deflation scharf zu unterscheiden, denn überall ist neben dem fliessenden Wasser auch der Wind thätig, und überall unterstützt er die Wirkung der Erosion.

Wenn Unebenheit der wesentliche Charakter einer Erosionsfläche ist, so sind die speciellen Formen derselben doch überaus mannichfaltig. Granit und andere krystallinische Gesteine bilden sanftergerundete Rücken, auf deren Oberfläche noch einzelne Blockmeere oder isolirte steile Felsengruppen die letzten Reste der durch Dislokation entstandenen Unebenheiten sind. In Schiefern sehen wir steilwandige mäandrisch gewundene Thäler, während das dazwischen liegende Land geringere Einschnitte aufweist; die verschiedene Härte der Schichten und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung und Erosion prägt sich in einer Terrassirung ungestörter Schichten aus, und der vielzackige Kamm unserer Gebirge zeigt uns die grosse Mannichfaltigkeit der durch vorwiegende Erosion entstehenden Bergformen.

Die chemische Verwitterung arbeitet der Erosion vor, deshalb ist der Boden einer Erosionsfläche häufig bis zu einiger Tiefe chemisch zersetzt, und auf einzelnen Klüften, in Schlotten und geologischen Orgeln dringt die Verwitterung unregelmässig auch in grössere Tiefen. Durch Wassereorrasion ist der Felsboden oft geglättet, doch fehlt meist die durch Sand erzeugte spiegelnde Politur, denn die im Wasser mitgeführten gröberen Gerölle zerkratzen immer wieder die von feinerem Schleifpulver erzeugte Glätte. Härtere Partien ragen aus der Erosionsrinne heraus. Doch sind ihre Konturen meist gerundet, scharfe Ecken und Kanten sind abgestossen, und Reibsteine haben tiefe Strudellöcher erzeugt, und Vertiefungen, die man als Wirbelkolke ¹⁾ bezeichnet. Sie entstehen durch die wirbelnde Bewegung der Strömungen und bohren sich tief in das Flussbett ein.

Selten ist die Erosion ganz ohne Deflationswirkung zu beobachten, und man ist leicht geneigt eine Wirkung dem Wasser allein zuzuschreiben, die nur durch die Combination von Wind und Wasser entstanden ist. Dafür bietet das Cañon des Colorado in Arizona ein

1) SUSS, Antlitz der Erde, II, S. 433.

lehrreiches Beispiel: Wie man sich vom Rande¹⁾ der Schlucht an mehreren Punkten (z. B. Spanish Pt.) leicht überzeugen kann, zerfällt jenes berühmte und grossartige Thal in zwei Theile. In der Tiefe sieht man den Fluss in einer engen Gneisschlucht dahinströmen, und dumpf dröhnt das Brausen des gewaltigen Flusses 2000 m hoch empor an unser Ohr. Das Flussbett ist manchmal so eng, dass die Felsen 500 m hoch senkrecht aus dem Wasser emporsteigen, und nur wenn wir den Blick nach Norden wenden, wo der Little Colorado aus einem steilen Felsenthor hervorbricht, sehen wir das Flussbett verbreitert, und sogar von grünen Streifen niedrigen Gebüsches gesäumt.

Dass diese, vom Colorado durchströmte, meist schluchtartig enge Klamm eine Wirkung der Erosion ist, dass sie durch den Fluss eingesechnitten wurde und sich noch heute weiter vertieft — darüber kann gar kein Zweifel herrschen. Aber indem wir unseren Blick auf den Rand dieser inneren Erosionsrinne richten, sehen wir auf einmal ein anderes Landschaftsbild. Die von Silur und Devon gebildeten Schichten stellen eine, mehrere Kilometer breite, Stufe dar, die von DURRON als die „Esplanade“ bezeichnet wurde. Die Schichtenköpfe treten als zarte Isohypsenlinien deutlich hervor, und mit sehr geringer Steigung verbreitert sich das Thal, bis dann abermals 1000 m hohe Abstürze folgen.

Aber die Verbreiterung oberhalb der Esplanade ist nicht gleichmässig; denn die Landzunge von Spanish Point bildet eine Steilwand, die nur wenige Kilometer vom Fluss entfernt ist, während daneben tiefe, halbkreisförmige Thalkessel 5—8 km weit in die Hochebene eindringen und dadurch den Rand der Cañonschlucht von der Erosionsrinne des Flusses wohl bis zu 10 km entfernen.

Würden wir aus der Vogelperspektive auf das ganze Thalsystem herabschauen, so sähen wir in der Mitte eine gleichmässige, steil eingesechnittene Thalrinne, die sich nach oben mit einem Male stark verbreitert, und mit halbkreisförmigen tiefen Buchten besetzt erscheint.

Blicken wir von Spanish Point nach Westen, so sehen wir in ein solches Amphitheater hinein. Mit 800 m hohen Steilwänden tritt es aus der Esplanade heraus, nirgends könnte der kühne Fuss eines Bergsteigers heraufklettern, und mit dumpfem Gepolter stürzen die Blöcke, die unser Fuss am Abgrunde löst, in die gewaltige Tiefe. Der obere Rand ist so scharf, wie mit dem Messer geschnitten; nirgends sehen wir ein Bachgerinne herabrieseln, ja die Plateaufläche senkt sich vom Rande ab so entschieden nach dem Lande zu, dass selbst bei starken Regengüssen kein Sturzbach über den Rand stürzen könnte. Das ganze Gebiet wird nach dem Lande zu, von der Schlucht weg entwässert.

Es ist nun von Interesse zu beobachten, dass nicht allein am Rande dieser Amphitheater die denudirende Thätigkeit des Windes leicht zu beobachten ist, sondern das sogar in der Tiefe der Schlucht der Granit an mancher Stelle so wunderbar glänzende Politur zeigt, dass man schon aus diesen Corrasionsphänomenen auf die Mithilfe der Deflation bei der Ausgestaltung der Cañonschlucht schliessen kann. Es regnet in diesem Theile von Arizona selten, aber wenn es einmal

1) J. WALTHER, Verh. d. Ges. für Erdkunde. Berlin 1891.

einige Tage im Jahr regnet¹⁾, dann fließt das Wasser schnell in die Schluchten hinab und wäscht alle verwitterten Felsentheile mit hinunter. Dann trägt das Hochwasser den Detritus mit stürmischer Gewalt hinaus. Aber in den etwa 350 regenlosen Tagen des Jahres giebt es hier auch eine Transportkraft. Alles was in dieser Zeit durch Insolation oder chemische Verwitterung gelockert wird, das reisst der Wind los, es fällt hinab in die Tiefe, und gelangt so in den Fluss, der die rothbraunen Staubtheile das ganze Jahr hindurch davonträgt. So arbeiten sich hier Erosion und Deflation in die Hände, und erzeugen Denudationsflächen und Bergformen, deren Entstehung durch eine einzige dieser beiden Kräfte schwer zu erklären ist.

Alle Länder²⁾, in welchen die Erosion vorwiegend thätig ist, besitzen die Gleichsinnigkeit des Oberflächengefälles vom Land nach dem Meere zu. Die gewaltigen Schichtenbiegungen und Windungen am Südfuss des Himalaja stören nicht im Mindesten die Gleichsinnigkeit der dortigen Abdachung. Das rinnende Wasser ist der Bildung isolirter rings geschlossener Thalsenken, oder Wannen feindlich.

Dagegen sind Wüstengebiete, Regionen überwiegender Deflation, durch Wannen ausgezeichnet. Während in Erosionslandschaften die Thäler zusammenhängen und das von ihnen durchfurchte Land inselartige Erhebungen bildet, sind in Wannenlandschaften die Erhebungen das Zusammenhängende und die Wannen das Isolirte. Das Vorkommen der meisten Depressionen ist an Deflationsgegenden geknüpft.

III. Auch dort wo rinnendes Wasser durch einzelne Gletscherströme ersetzt wird, hat die Exaration eine von der Erosion nur sehr wenig verschiedene Wirkung. Die Exarationsthäler zeigen breitere Denudationsflächen, die Felsen sind gerundet, vorspringende Hügel rundgeschliffen, und als Rundhöcker wohl bekannt. Häufig ist nur die Stossseite des Rundhöckers gerundet, während die Leeseite noch rau und uneben geblieben ist, aber in der Literatur werden auch mehrfach allseitig geglättete Rundhöcker beschrieben und abgebildet. Sehr bezeichnend sind die Corrasionserscheinungen des Gletschereises, welche neben der Politur vieler Felsflächen, aus Kritzen, scharfgezogenen Linien und Furchen bestehen, die annähernd der Längsrichtung des Thales parallel verlaufen. Durch Schmelzwasser können sich diese Exarationserscheinungen mit Erosionsphänomenen verknüpfen, so dass mitten in den durch Eis geschrammten Felsflächen einzelne durch Wasser ausgebohrte Wirbelkolke, (mit Unrecht „Gletscherbrunnen“ genannt) auftreten.

In den Gebieten regionaler Vereisung, wirkt die Exaration anders, als in blosen Gletschergegenden, denn wo eine zusammenhängende Eiskecke das rinnende Wasser verdrängt, kann die Denudationsfläche keine gleichsinnige Abdachung aufweisen. Solche Exarationsgebiete sind infolgedessen durch Wannenbildung ausgezeichnet. Die aus dem Grönländischen Binneneis herausragenden zackigen Nunataker beweisen, dass die Exaration nicht alle Unebenheiten hinwegzuräumen vermag, und dass das fließende Eis bei seiner regional denudirenden Arbeit einzelne Berginseln stehen lassen kann. Aber die Oberfläche des

1) GILBERT, Americ. Journal 1876, II, S. 19.

2) PENK, l. c.

während der Eiszeit so lange vom Inlandeis bedeckten Skandinavien zeigt uns doch, dass sanftgerundete glattgeschliffenen Kuppen¹⁾, von flachen Vertiefungen unterbrochen, das charakteristische Bild einer Exarationsfläche sind. Während die alpinen Gletscher sich nur mit dem Gefälle der Thäler bewegen, schiebt sich das Inlandeis auch gegen das Gefälle bergaufwärts. Keine ausgeprägte Wasserscheide ist zu erkennen, Flussthäler sind zu langen tiefen Seebecken ausgeschürft, und alle schärferen Niveauunterschiede hat das Eis ausgeglichen.

Nach SHALER²⁾ ist es bemerkenswerth, dass in Glacialgebieten die Synklinalen mehr ausgehöhlt sind, als die Antiklinalen.

Während die grönländischen Fjorde nach v. DRYGALSKI³⁾ ausserordentlich breite Flussthäler zu sein scheinen, die augenblicklich unter dem Meeresniveau liegen, giebt es nach ihm ausserdem überall Fjordthäler, d. h. Thalbildungen, welche den Fjorden gleichen, obwohl sie in der Regel trocken liegen, oder einzelne Seen enthalten.

Ein solches Fjordthal nahe dem Sermilik-Eisstrom, in Gneiss eingesenkt, ist zweifellos durch strömende Eismassen ausgeräumt worden. Das Thal ist 1 km breit und 5 km lang. Es durchsetzt als breiter, steilgeschnittener Trog das Küstenplateau. Die untere Thalsole liegt 211 m über dem Meeresspiegel. Rundhöcker sind um 3 Seebecken gereiht, und Gletscherschliffe bedecken viele Felsflächen.

IV. Zum Schluss haben wir die durch Abrasion entstandenen Denudationsflächen zu betrachten. Es entspricht der Art der Entstehung⁴⁾ solcher, sogenannter „Rumpfgebirge“, dass abgeflachte und sanftgewölbte Formen in ihnen vorwalten. Es fehlen schroffe Gipfel vollständig, denn während selbst das Inneneis einzelne Nunataker stehen lässt, wird jede Klippe und jede Insel im Meere ringsum von der Brandung angefressen und bald zu einer submarinen Untiefe umgewandelt. Die Kämme bieten einfache Profillinien, da die Höhen von Gipfeln und Pässen wenig voneinander abweichen. Weil die Abrasion krystallinische Urgebirge nicht so leicht zu zerstören vermag, wie sedimentäre Schichten, so ragen jene in der Regel als innere flachgerundete Dome hervor. Da wo die vordringende Abrasionswelle ihr Ende erreichte, findet sich oftmals ein hochaufragender Steilrand (Steilküste), an dessen Fuss die groben Blöcke von der Brandung aufgehäuft erscheinen. Geschieht bei homogenem Gestein und gleichmässigem ursprünglichen Abfall das Vorrücken des Meeres so schnell, dass die Brandung in keinem Niveau ihr Werk vollenden kann, so wird die Abrasionsfläche steil ansteigen. Im Allgemeinen ist die Kraft der Brandung so gross, dass die Härte des Gesteins nur eine untergeordnete Rolle für die Oberfläche der Abrasionsfläche spielt. Nur wo die Küste quer zum Streichen eines dislocirten Schichtensystems verläuft, wie an der Westküste von Grossbritannien oder an der Küste der Bretagne und des südöstlichen China, also an den sogenannten „Riasküsten“, ist die Brandung nicht imstande, rasch alle Inseln und Halbinseln zu durchsägen und bildet daher viele Buchten und ein sehr wechselnd ge-

1) SUESS, Antlitz der Erde, II, S. 423.

2) SHALER, Rep. U. S. Geol. Surv. 1885, S. 362.

3) v. DRYGALSKI, Ein typisches Fjordthal.

4) v. RICHTHOFFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 671.

staltetes Landschaftsbild, das später auf dem Querschnitt viele Aehnlichkeit mit einer Erosionsfläche haben kann.

Wie v. RICHTHOFEN¹⁾ betont, wirkt die Abrasion fast nur bei positiver Strandverschiebung regional denudierend. Wenn bei stationärer Lage eines Felsenstrandes die Brandungswelle das äusserste erreichbare Arbeitsmaass vollzogen hat, wenn also der Brandungsstrand eine solche Breite erlangt hat, dass die höchsten Wellen eine zerstörende Wirkung nicht mehr ausüben können, so wird die Abrasion erst wieder beginnen, sobald durch Sinken des Landes oder Steigen des Meeres eine positive Strandverschiebung eintritt. Im Allgemeinen wird also die Abrasionsfläche vom Meer nach dem Lande hin ansteigen. Die Gestalt der Abrasionsfläche kann aber viele Abweichungen von dieser Regel zeigen. Geschieht bei homogenem Gestein und gleichmässigem ursprünglichen Abfall die Strandverschiebung so schnell, dass die Abrasion in keinem Niveau ihr Werk vollenden kann, so wird die ansteigende Fläche steiler sein, und einen schief aufsteigenden Schnitt durch die anfangs vorhanden gewesene Felsmasse darstellen. Wechselt das Maass der Strandverschiebung in einzelnen Zeiträumen, so werden in homogenen Gesteinen sanftgeneigte und steiler ansteigende Flächen miteinander abwechseln. Die Abrasionsfläche kann eine Breite von vielen Kilometern erreichen und ganze Festländer denudiren.

Die Corrasion ist in der Brandung wie am Grunde von Erosionsrinnen wirksam und schafft dieselben Schliffe; denn in beiden Fällen ist es ja bewegtes Wasser, das corradierend wirkt. Die Schliffe sind meist matt, zeigen nicht die glänzende Politur des Sandschliffes und noch weniger die Kritzen des Gletscherschliffes.

Uebrigens müssen wir zum Schluss noch hervorheben, dass die Küste auch ungemein stark von Deflation denudirt wird. Nur ist es hier doppelt schwierig im Einzelnen zu unterscheiden, wie viel vom Regenwasser, vom Wind und wie viel von der Brandung denudirt worden sein mag.

1) Führer für Forschungsreisende, S. 356.

8. Die Auflagerungsflächen und die Entstehung der Schichtung.

Wir haben in dem einleitenden Abschnitt gesehen, dass sich auf der gegenwärtigen Oberfläche der Lithosphäre zwei grundsätzlich verschiedene Vorgänge: Denudation und Auflagerung geltend machen. Durch Denudation wird der Abstand zwischen Erdmittelpunkt und Erdoberfläche verkürzt, durch Auflagerung aber verlängert. Beide Vorgänge schliessen sich gegenseitig in Raum und Zeit aus.

Die Denudation ist der Anfang eines Vorganges, dessen Endstadium die Auflagerung ist; und alles denudirte Material wird an einem anderen Ort als Sediment wieder abgesetzt. Infolgedessen ist die Intensität der Denudation und die Masse der Denudationsprodukte ein Massstab für die Summe der in demselben Zeitraum abgelagerten Sedimente. Jede Verstärkung der Denudation, sei es durch Steigerung der denudirenden Kräfte, sei es durch das Hinzutreten dislocirender Vorgänge, steigert die Mächtigkeit der gleichzeitig gebildeten Ablagerungen.

Allein die Summe der in einem bestimmten Zeitabschnitt der Erdgeschichte gebildeten Ablagerungen ist grösser als die Masse des gleichzeitig denudirten Gesteins, weil nicht nur das denudirte Material, sondern auch das aus dem Innern der Erde hervorgeführte vulkanische Gestein zur Ablagerung gelangt. Da nun Vulkanbildung eine Folge der Dislocation ist, so leuchtet ein, dass auch auf diesem Wege bei eintretender Dislocation eine Steigerung der Ablagerungsvorgänge nothwendig erfolgen muss.

Wenn beständig dasselbe Gesteinsmaterial an derselben Stelle zur Auflagerung gelangte, wenn die eine Region seit dem Cambrium bis zur Gegenwart durch Aufschüttung gleichartiger Sandkörner, eine andere Region durch immer weiterwachsende Korallenriffe, eine dritte durch beständige vulkanische Aschenergüsse ausgezeichnet wäre, so würden wir auf dem Durchschnitt durch einen beliebigen Theil der Erdrinde nur eine einheitlich gebildete Ablagerung von Sandstein, Korallenkalk oder Tuff beobachten. Das ist aber nicht der Fall.

Die gleichzeitigen Regionen der Auflagerung wechseln auf der Erdoberfläche beständig ihren Ort in der Weise, dass sie bald auf Regionen der Denudation, bald auf Regionen einer petrographisch anderen Ablagerung zu liegen kommen. Wir nennen diesen Vorgang

das Wandern der Facies. Dadurch geschieht es, dass wir in demselben Profil sowohl Merkmale von Denudation und Auflagerung, und auch Charaktere verschiedenartiger Ablagerungen leicht wiedererkennen können.

Als solches Erkennungszeichen kann uns bei Ablagerungen die lithologische Beschaffenheit des abgelagerten Materials dienen. Denudationen erkennen wir an negativen Charakteren, d. h. dem Fehlen von Gesteinen, deren frühere Existenz wir annehmen müssen; und an der Form der durch diese Abtragung gebildeten Denudationsfläche, welche als discordante Trennungsfuge in dem Profil leicht zu beobachten ist. Wir haben die diagnostischen Merkmale der in einer bestimmten Discordanz vorliegenden Denudationsflächen schon besprochen. Ehe wir uns aber jetzt den diagnostischen Charakteren der verschiedenartigen Ablagerungen zuwenden, wollen wir in diesem Abschnitt die Erkennungszeichen der Auflagerungsflächen, welche als concordante Schichtenfugen in den Profilen zu beobachten sind, näher ins Auge fassen.

Das Wandern der Facies ist die Ursache der Verschiedenheit der in einem Profil übereinander liegenden Gesteine. Jedes Gestein, das sich am Aufbau der Erdkruste theilnimmt, hat nothwendigerweise eine untere und eine obere Begrenzungsfläche. Die petrographische Verschiedenheit der einander überlagernden Felsarten bedingt eine verschiedene Härte derselben und infolgedessen werden sie durch die Verwitterung verschieden stark angegriffen, so dass an Bergabhängen das eine Gestein in der Profilinie stärker hervortritt wie das andere.

Bisweilen ist der Abstand der beiden Grenzflächen ein so grosser, dass er mit der Mächtigkeit der gesamten Gesteinsmasse zusammenfällt und der Höhe des, an einem Bergabhang oder in einem Steinbruch aufgeschlossenen Profils entspricht, diese Höhe auch vielleicht überschreitet. Dann bezeichnen wir die ganze Ablagerung als ungeschichtet. Wenn wir von der Seisser Alp den Langkofel und Plattkofel in die Wolken ragen sehen, oder die Kette des Rosengartens betrachten, so sehen wir ungeschichtete Kalke und Dolomite vor uns. Wenn aber innerhalb derselben Ablagerung noch andere, in der Regel mit jenen Begrenzungsflächen parallele Trennungsfugen vorkommen, wenn eine mächtige gleichartige Gesteinsmasse in übereinander liegende Bänke oder Platten zerfällt, so bezeichnen wir sie als geschichtet. Oestlich von Bombay erhebt sich der 1000 m hohe Steilabsturz der Western Ghats in treppenartigen Stufen steil empor zum Tafelland von Dekhan. Die vulkanischen Trappdecken, welche diese Wände bilden, liegen wie die Blätter eines Buches, jede folgende horizontal über der vorhergehenden, und soweit unser Auge reicht, können wir die mächtigen Lavadecken als wohlgeschichtete Ablagerung in einzelne Bänke zerfallen sehen.

Das Auftreten oder der Mangel von Schichtung spielt seit Alters eine wichtige, oftmals verhängnisvolle Rolle in der Geologie. Obwohl Schichtung, wie schon PFAFF¹⁾ betont hat, ursprünglich ein morphologisch beschreibender Ausdruck ist, der an sich absolut keinen genetisch diagnostischen Werth besitzt, so hat man demselben doch seit Langem

1) PFAFF, Allg. Geologie als exacte Wissenschaft 1873, S. 63.

einen genetisch erklärenden Charakter beigelegt, und man begegnet in der geologischen Literatur oftmals der Meinung, als ob die Trennung einer Ablagerung in einzelne übereinander liegende Bänke nur unter Wasser gebildet werden könne, und infolgedessen zur Unterscheidung von „Sedimenten“ und „Nichtsedimenten“ verworther werden könne.

Wir haben vorhin mit Vorbedacht das Beispiel eines ungeschichteten marinen Gesteins, und das einer geschichteten vulkanischen Ablagerung herangezogen, um uns von vornherein auf einen objektiveren Standpunkt zu stellen. Schichtung ist ein Ausdruck der beschreibenden, nicht der erklärenden Geologie, und sagt als solcher nichts aus, über die Entstehung einer gegebenen Ablagerung.

Dagegen ist es wohl möglich für jede Schichtenfuge, mag sie concordant oder discordant sein, einige weitere Urtheile abzugeben:

Seit langem hat man erkannt, dass sich die Schichtenfugen durch den Zeitpunkt ihrer Bildung scharf unterscheiden von allen Klüften, die wir als Schieferung und Lithoklasen bezeichnen. Denn alle Schieferungsflächen, alle Verwerfungen und Absonderungsklüfte sind entstanden nachdem die Bildung der sie durchsetzenden Gesteinsmasse vollendet war, sie sind secundäre Erscheinungen.

Dagegen sind die Trennungsebenen, welche ein Gestein von einem darunter oder darüberliegenden anderen Gestein als concordante oder discordante Schichtenfuge unterscheiden lassen, während der Entstehung dieser Gesteinsreihe gebildet worden. Und genau so, wie drei in demselben Kalksteinlager übereinander liegende Versteinerungen während der Ablagerung in das Gestein eingeschlossen wurden, und drei aufeinander folgende Zeitabschnitte repräsentiren, so entsprechen die übereinander auftretenden Schichtenfugen, den während der Bildung des betreffenden Gesteins verflossenen Zeitabschnitten. Schichtung ist eine solche Eigenschaft, die ein Gestein während seiner Bildung erhielt. Schichtenfugen entstehen primär, während der Bildung eines Gesteins.

Die concordanten Absonderungsebenen, welche eine Sandsteinbank von einer darauffliegenden Mergelbank und diese von einer folgenden Kalkschicht unterscheiden lassen, entsprechen denjenigen Momenten der Erdgeschichte, wo ein Wandern der Facies eingetreten ist. Mag dieser Zeitraum kurz oder lang gedauert haben, das ist für diese Betrachtungsweise vollkommen bedeutungslos, nur der unvermittelte Wechsel in der Beschaffenheit des Gesteinsmaterials ist der Grund für die Verschiedenheit aufeinander liegender Ablagerungen. Wenn wir also auf einer Sandsteinbank eine Mergelschicht liegen sehen, so wissen wir, dass an dem betreffenden Ort die Ablagerung von Quarzsand aufgehört hat und durch Ablagerung von Thonschlamm abgelöst worden ist; eine darauf folgende Kalkbank ist ein Beweis dafür, dass auch die Ablagerung des Thonschlammes ihr Ende erreichte, und dass Kalksand und Kalkschlamm darüber ausgebreitet wurde. Ist dieses Wandern der petrographischen Facies so langsam erfolgt, dass allmälige Uebergänge von einer Ablagerung in die andere hinüber leiten, so können wir scharfe Grenzen nicht ziehen, und müssen in der stratigraphischen Beschreibung des betreffenden Profiles dieser Thatsache Rechnung tragen.

Die concordanten Trennungsebenen, welche eine Ablagerung von anderen, liegenden oder hangenden, Ablagerungen unterscheiden lassen, waren in dem Moment des historisch erfolgten Facieswechsels Oberfläche der Lithosphäre, und da sie gebildet wurden durch einen Wechsel des Gesteinsmaterials zwischen zwei Perioden fort-dauernder Apposition, so können wir sie als Auflagerungsebenen bezeichnen.

Wir wenden jetzt unseren Blick von den Trennungsebenen, welche verschiedenartige Gesteine unterscheiden lassen ab, und betrachten jene horizontalen, oder ursprünglich geneigten Trennungsebenen innerhalb einer petrographisch gleichartigen Ablagerung, die man im engeren Sinne als Schichtungsflächen bezeichnet. Kein Problem der Geologie lässt sich an Bedeutung mit der Frage nach der Entstehung der Schichtung vergleichen. Von dem Kampf der Neptunisten und Plutonisten, durch die Discussion über die Erhebungsokrater, bis zu den modernsten Problemen der Korallenriffe und der Glacialschotter, spielt das Wort Schichtung eine grosse Rolle in allen geologischen Streitfragen. Was ist Schichtung? Wodurch entsteht Schichtung? Was beweist Schichtung? Das sind Fundamentalprobleme der Geologie.

Halten wir in der Literatur Umschau, so begegnen uns sehr verschiedene Antworten auf diese Fragen. WERNER sagt 1791¹⁾: „Schichten des Gesteins sind die durch gleichlaufende Klüfte in mehr oder weniger starke gleichlaufende plattenförmige Massen von einander getrennten gleichartigen Gebirgsmassen.

Und auch H. CREDNER²⁾ giebt in seinen Elementen der Geologie den Begriff der Schichtung als ein beschreibendes Wort folgendermassen wieder: Geschichtet nennt man ein Gestein, wenn es in einer Aufeinanderfolge von plattenförmigen Massen auftritt, welche durch parallele Flächen begrenzt werden und bei weiter Ausdehnung in der Regel nur geringe Dicke besitzen.

Diesen beschreibenden Definitionen der Schichtung stelle ich eine Anzahl von Beispielen erklärender Definitionen gegenüber.

KANT³⁾ sagt: Der Erdkörper, so weit wir in ihm durch das Graben gelangen können, besteht aus Stratis oder Schichten, deren eine über der anderen bald horizontal, bald nach einer oder der anderen Gegend hin geneigt fortläuft, bisweilen aber hier und da unterbrochen ist. Diese können nicht anders als in den grossen Revolutionen, der allgemeinen und oft wieder erneuten Ueberschwemmungen durch den Absatz mancherlei Schlammes erzeugt worden sein. Das sie bildende Wasser bildet im Grunde des Adriatischen Meeres noch eine Steinschicht nach der anderen.... Die Natur wirkt langsam und durch Jahrhunderte durch, durch einen kleinen Ansatz.

CHR. KAPP⁴⁾ sagt 1834: die sogenannte Schichtung geht aus der wesentlichen Natur des Gesteins hervor, wo dieses unter offenem Himmel, oder im Gebiet überdeckenden Wassers, Raum und Ruhe hatte, sich einfach zu entwickeln, wo es ungestört erkalten und dem Zug der

1) WERNER, Neue Theorie von der Entstehung der Gänge 1791, S. 2.

2) H. CREDNER, Elemente der Geologie 1891, S. 25.

3) J. KANT, Physische Geographie 1757, II, S. 127.

4) KAPP, Neues Jahrb. für Min. 1834, S. 257.

Schwere, der alle Körper bindet, nur soweit folgen musste, als diese Folgsamkeit in seiner speciellen Natur lag.

Dem gegenüber behauptet JAEGER¹⁾ 1839: Schichtung ist eine Absonderungserscheinung der Felsmassen, welche unter dem Einfluss der Umdrehung der Erde entstanden ist, indem hierbei eine gewisse Unabhängigkeit von der Schwerkraft erfolgte.

Eine bis in die neueste Zeit vielfach vertretene Ansicht spricht 1844 STUDER²⁾ zum ersten Mal aus: Eine Sedimentbildung, die wiederholte Unterbrechungen erleidet, wird eine Aufeinanderfolge mehrerer Straten hervorbringen, deren Trennungsflächen oder Ablösungen um so deutlicher sein werden, je länger diese Unterbrechung gedauert hat.

NAUMANN³⁾ hat diese Ansicht übernommen und sagt: Die Trennungsfläche je zweier unmittelbar aneinander grenzender Schichten bezeichnet die Pause oder Unterbrechung, welche in der Entwicklung des Gesteins stattgefunden hat.

Weiter ausgebildet hat diese Ansicht v. FRITSCH⁴⁾ indem er sagt: Zwar ist es bisweilen möglich, annähernd die Zeit zu berechnen, welche die Bildung einer besonderen Schicht in Anspruch genommen hat, aber vollständig der Berechnung entzogen sind die Pausen, welche zwischen der Entstehung zweier übereinander liegender Gebirgsglieder gewöhnlich gelegen haben: die Pausen, welche den Schichtflächen entsprechen.

Betrachten wir zuerst die Schwerkrafttheorie, welche die Entstehung der Schichtung an die Gravitation knüpft, so ist es ja selbstverständlich, dass die Schwerkraft überall herrscht und infolge dessen auch jede Auflagerung, mag sie geschichtet oder ungeschichtet sein, unter dem Einfluss der Schwerkraft erfolgen muss. Die Bildung eines ungeschichteten Korallenkalkes, und eines ungeschichteten Lösslagers, ebenso wie die einer ungeschichteten Moräne, oder einer ungeschichteten Lavamasse, vollzieht sich immer und ausnahmslos unter dem Einfluss der Schwerkraft. Der Gegensatz zwischen geschichteten oder ungeschichteten Felsarten besteht, obwohl beide bei ihrer Ablagerung dem Gesetz der Schwere unterworfen waren.

Die Unterbrechungstheorie nimmt an, dass jede Schicht, nachdem sie aufgelagert worden ist, dass jede neugebildete lockere Ablagerung eine gewisse Zeit braucht bis sie verhärtet ist. Erfolgt nach der Verhärtung der vorhergehenden Schicht ein neuer Absatz, so wird eine Schichtenfuge zwischen beiden entstehen.

Betrachten wir die in vollkommen horizontalen dünnen Schichten abgesetzten Sedimente des Ganges- oder Nildelta, sei es am Ufer des Stromes, oder an einer jener schlammigen Inseln, die bei niedrigem Wasserstand als Sandbänke aus dem Wasser auftauchen, durch die Wellen des Stromes bald ringsum angenagt und ausgezeichnet aufgeschlossen werden, so sehen wir die Ablagerungen in einzelne sandige Schichten zerfallen, die durch thonige Zwischenlagen getrennt werden. Keine der während des letzten Hochwassers gebildeten Schichten ist

1) JAEGER, Neues Jahrb. für Min. 1839, S. 22.

2) STUDER, Lehrbuch der Physik. Geogr. und Geologie 1844, S. 132.

3) NAUMANN, Lehrbuch der Geognosie 1858, S. 458.

4) v. FRITSCH, Allgem. Geologie 1888, S. 430.

härter als die darauffliegende; 10 oder 20 Schichten wechsellagern miteinander ohne dass eine derselben grössere Cementirung erlitten habe als die andere. Oder betrachten wir jene geschichteten Grundproben, welche das Loth des Challenger¹⁾ aus der Tiefsee heraufbrachte. Gegenüber dem rasch erfolgenden Absatz im Delta des Nil oder des Ganges, haben wir in diesem Fall Ablagerungen, zu deren Bildung vielleicht Jahrtausende nöthig waren:

Station 286: 16. Oktober 1875. 33° 29' S. Br., 133° 22' W. L. Tiefe: 4270 m. In der Lothröhre bemerkt man zwei übereinanderliegende Schichten. Die oberen 5 cm waren ein sehr dunkelrother Thon, enthielten nur einige wenige Foraminiferen und Radiolarien, brausten gering mit Säure. Die untere Schicht war 10 cm dick, bestand aus wenigen Foraminiferen und einer immensen Zahl sehr kleiner Coccolithen. Diese Schicht, die viel weniger Mangan enthielt, als die obere, brauste lebhaft mit Säure.

Station 294: 3. November 1875. 39° 22' S. Br., 98° 46' W. L. Tiefe: 4151 m. Der untere Theil des Sedimentes brauste nicht mit Säure, im oberen Theil waren einige ganze und viele zerbrochene pelagische Foraminiferen. Dazu grosse Mengen von Mangankörnern mit Krystallen von Phillipsit und Bruchstücken von Palagonit.

Station 296: 9. November 1875. 38° 6' S. Br., 88° 2' W. L. Tiefe: 3336 m. In der Lothröhre waren zwei Schichten bemerkbar. Die obere Schicht war strohgelb, sie enthielt 64% Kalkreste und 1% Kieselreste, während die untere dunkelbraune Schicht wenig Organismen und viel Mangan enthielt.

Eine von THORELL²⁾ 76° Br. 13° L. in 2200 m sondirte Bodenprobe bestand aus 5 deutlichen Schichten von verschiedener Mächtigkeit und Farbe mit vielen Foraminiferen (*Globigerina*, *Biloculina*, *Dentalina*, *Nonionia* etc.).

Wenn man bedenkt, dass die über 1 m lange, hohle Lothröhre sehr häufig 30—40 cm tief in die Tiefseeablagerungen eindrang, ganz verschiedene Schichten glatt durchschnitt, und einen Bohrkern mit emporbrachte, der noch deutlich die Schichtung des Sedimentes zeigte, so ist unseres Erachtens auch für die Ablagerungen der grössten Meeres-tiefen der Beweis erbracht, dass die Schichtung einer Ablagerung nicht durch eine zeitliche Unterbrechung, lang genug um die vorher gebildete Ablagerung zu verhärten, bedingt war, sondern dass nur der unvermittelte Wechsel in der Beschaffenheit des Gesteinsmaterials Schichtung hervorruft.

Nachdem wir bis jetzt wesentlich solche Fälle besprochen haben, wo zwei petrographisch verschiedene Ablagerungen von annähernd gleicher Mächtigkeit an ihrer Kontaktfläche durch eine Schichtenfuge voneinander getrennt werden — müssen wir jetzt noch diejenigen Fälle ins Auge fassen, wo innerhalb eines einheitlichen Gesteins einzelne Schichtenfugen Bänke von gleicher petrographischer Beschaffenheit abtrennen.

Wenn wir eine Sandsteinablagerung untersuchen, so sehen wir oftmals die einheitliche Sandsteinmasse durch Trennungsebenen von

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 127, f. Additional Observations.

2) MALMGREEN, Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie 1870, S. 460.

sehr geringer, kaum messbarer Mächtigkeit voneinander abgetrennt, längs deren die einzelnen Platten oder Bänke sich leicht abheben lassen. Betrachten wir nun die Oberfläche dieser Platten, so sehen wir oft darauf eine zarte Schicht silberglänzender Glimmerplättchen, wie sie innerhalb der Sandsteinplatte nicht so dicht nebeneinander liegen. In anderen Fällen sehen wir einen ganz zarten Belag von Thon auf der Schichtentafel aufliegend, und überzeugen uns leicht, dass die petrographische Beschaffenheit dieses Besteges eine wesentlich andere ist, als die des anstehenden Gesteins. Studiren wir die dünnstriefrigen Platten des mittleren Muschelkalkes bei Jena, oder die Kalkschiefer von Solnhofen, oder endlich die mehrere Meter mächtigen Kalkbänke, welche den Malm von Solothurn aufbauen, so werden wir bei sorgfältiger Betrachtung ebenfalls einen solchen Besteg finden, der bald aus Fischschuppen, bald aus thonigen Bestandtheilen, bald aus Spongitenresten besteht, die sich zwischen die liegende und die hangende Kalkmasse einschalten. Ich gebe zu, dass es manche Fälle giebt, wo Kalkbänke in ungeheurer Mächtigkeit übereinander liegen und wo es schwer hält nachzuweisen, dass dieselben stets durch einen Besteg von anderer petrographischer Beschaffenheit getrennt werden; ich habe mich im Dachgesteinsgebirge mehrfach vergeblich bemüht, eine deutlich erkennbare Zwischenschicht zwischen den Kalkbänken zu finden. Allein in anderen Fällen ist der Nachweis so leicht, dass ich glaube, nur in diesem, oft kaum erkennbaren Besteg anderen Gesteinsmaterials die Ursache der Schichtung auch solcher Bänke erblicken zu dürfen.

Selbst in recenten Tiefseeablagerungen finden wir ähnliche Vorkommnisse. Der Challenger fand auf Station 334 am 14. März 1876 unter 35°, 45 S. Br. und 18° 31' W. L. in 3501 m: zwei Schichten von Globigerinenschlick, getrennt durch eine dünne, dunkle Linie, die obere Schicht war 20 cm dick, hellbraun und bestand wesentlich aus den Schalen pelagischer Foraminiferen mit 84 % Kalk. Die untere Schicht war milchweiss, 2,5 cm dick und bestand hauptsächlich aus amorpher Kalksubstanz und Coccolithen mit 85 % Kalk. Der Uebergang von einem Sediment zum anderen erfolgte ganz unvermittelt.

Aus den bisherigen Betrachtungen geht also hervor, dass der Besteg, welcher zwei gleichartige Gesteinsbänke trennt, und Veranlassung dafür ist, dass sie durch eine Schichtenfuge getrennt erscheinen, weiter nichts ist, als eine bis zu grosser Dünne zusammengeschrumpfte Zwischenlage eines petrographisch anderen Gesteins.

Wir kommen auch durch Betrachtung eines Profils mit auskeilenden Schichten zu demselben Schluss: Bekanntlich beobachtet man nicht selten, dass z. B. Sandsteinbänke, die zwischen thonige Schichten eingeschaltet sind, oder auch Kalkschichten, die wir in Mergeln finden, sich immer mehr verschmälern und endlich spitz auslaufend verschwinden. Da wo diese auskeilende Kalkschicht noch ihre normale Mächtigkeit besitzt, entsteht die Schichtung der mit ihr verbundenen Mergelbänke dadurch, dass sich die Kalkbank zwischen diese einschaltet. Wir verfolgen jetzt die Schichtenreihe nach der Stelle, wo der Kalk auskeilend endet; wir sehen bei gleichbleibender oder grösser werdender Mächtigkeit der liegenden und hangenden Mergel den Kalk immer dünner werden, und endlich sehen wir in der Fortsetzung der

auskeilenden Kalkbank eine Schichtenfuge zwischen den jetzt „ohne Zwischenschicht“ aufeinanderliegenden Mergelschichten. In solchen Fällen können wir uns leicht davon überzeugen, dass viele als Schichtenfugen auftretende Trennungsebenen in gleichartigen Gesteinen weiter nichts sind, als petrographisch verschiedenartige Schichten von sehr geringer Dicke.

Die Absonderungsflächen, welche eine Sandsteinbank von einer darauffliegenden Mergelbank und diese von einer folgenden Kalkschicht unterscheiden lassen, entsprechen denjenigen Momenten der Erdgeschichte wo ein Wandel der Facies eingetreten ist. Mag dieser Zeitraum kurz oder lang gedauert haben, jedenfalls schalten sich diese Zeitabschnitte der Schichtenfugenbildung regelrecht ein, in die Zeiträume der wechselnden Gesteinsbildung. Dasselbe trifft aber auch für diejenigen Schichtenfugen zu, welche eine petrographisch gleichartige Ablagerung in Bänke gliedern. Ein Unterschied zwischen den Gesteinstrennungsfugen und den Schichtenfugen existirt in dieser Hinsicht nicht.

Dass die Trennungsfugen, welche ein Sandsteinlager gegen ein darüber liegendes Kalksteinlager, oder diejenigen, welche eine Lava- decke von der darauffliegenden vulkanischen Tuffschicht trennen, einmal Erdoberfläche gewesen sind, bedarf keiner besonderen Begründung. Und zwar lässt sich dieser Satz uneingeschränkt auf concordante wie auf discordante Trennungsfugen anwenden. Eine einfache Ueberlegung zeigt uns aber, dass auch die innerhalb einer Ablagerung auftretenden primären Absonderungsflächen, einmal die Begrenzung der Lithosphäre gegen die Hydrosphäre oder die Atmosphäre gebildet haben. Wenn wir absehen von Gangbildungen oder von den Flächen, die bei cumulativer Verwitterung die Verwitterungsdecke von dem unzersetzten Felsen trennen, so können wir sagen: Jede concordante oder discordante Schichtenfuge bildete einmal die Oberfläche der Lithosphäre.

Auf der gegenwärtigen Oberfläche der Lithosphäre stehen sich, wie wir mehrfach hervorgehoben haben, Denudation und Auflagerung grundsätzlich gegenüber, und es ist zweifellos, dass auch in der Vorzeit der Erdgeschichte dieser Gegensatz immer bestanden hat. Wenn es nun gelingt, auf Grund unserer früheren Betrachtungen die Entstehung und die Bildungsumstände einer Denudationsfläche aus bestimmten physiographischen Merkmalen zu erkennen, und die discordante Absonderungsfläche auf die Wirkung spezifischer Denudationsvorgänge zurückzuführen, so muss es jetzt unsere Aufgabe sein, aus den Charakteren einer concordanten Ueberlagerungsfläche Schlüsse zu ziehen auf die Umstände unter denen sie entstanden ist. Und zwar wollen wir in diesem Abschnitt die Eigenschaften einer concordanten Schichtenfuge betrachten, unbekümmert um den lithologischen Charakter der beiden Gesteine, die sich in jener Fläche berühren.

Nach dem früher Gesagten ist es zweifellos, dass jede echte discordante Schichtenfuge eine Denudationsfläche ist, und für unsere folgenden Betrachtungen ist ebenso massgebend, dass jede echte concordante Schichtenfuge eine Auflagerungsfläche ist, und dass sie einmal vorübergehend die äussere Oberfläche einer neugebildeten Ablagerung dargestellt hat. Wie lange dieser

Zeitraum gedauert hat, ist für unsere Auseinandersetzungen vollständig nebensächlich. Nachdem wir uns früher auf den Standpunkt gestellt hatten, dass Schichtung ein Ausdruck der Beschreibung ist, dass er kein erklärendes Urtheil enthält und enthalten darf, wollen wir zuerst die verschiedenen Arten der Schichtung beschreiben, und dann die Umstände ihrer Bildung vergleichend betrachten.

Nothwendig für den Begriff der Schichtung ist es, dass eine Absonderungsfläche zwischen den sich überlagernden Gesteinen zu beobachten ist. Die Form und Gestalt dieser Trennungsebene kann wechseln, aber weder Farbenunterschiede, noch eingelagerte Fossilien oder Concretionen rufen wahre Schichtung hervor. Wir können in solchen Fällen nur „Andeutung einer Schichtung“ wiederfinden. Auch die seitliche Erstreckung einer bestimmten Schichtenfuge ist grossem Wechsel unterworfen. Während die Schichtenfugen zwischen den Lavadecken von Dekhan auf mehrere Kilometer ununterbrochen verlaufen, sehen wir in vielen Sandsteinen Schichtenfugen schon nach 5 m Länge verschwinden und auskeilen; in demselben Profil der Schlernklüft¹⁾ bei Völs sehen wir den Uebergang geschichteter Kalke in ungeschichteten Kalkstein.

Die Trennungsfugen zwischen Lavadecken, die durch eingeschaltete Tuffe geschichtet sind, die Schichtenfugen zwischen einem Sandstein und einem darauflagernden Mergellager sind entstanden durch die verschiedene petrographische Beschaffenheit der beiden Gesteine. Und es ist einleuchtend, dass die Schichtenfugen um so deutlicher hervortreten, je verschiedenartiger der physikalische Charakter der beiden Felsarten ist. Wir können leicht alle Uebergänge von angedeuteter Schichtung bis zu wohlausgebildeter Schichtung beobachten. Nun haben wir oben schon mehrfach darauf hingewiesen, dass ein principieller Unterschied zwischen den, zwei verschiedene Gesteinsarten trennenden Absonderungsflächen und den, innerhalb eines Gesteins auftretenden, Schichtenfugen gar nicht existirt.

Wenn wir in den ungünstigen Aufschlüssen, welche unser Vaterland bietet, eine Kalkablagerung von 20 m entblösst sehen, innerhalb deren keine horizontalen Trennungsfugen zu beobachten sind, so nennen wir den Kalk ungeschichtet. Wenn wir aber 100 m dicke Kalkbänke in den vegetationslosen Steilwänden des Colorado cañon zwischen Sandsteinen und Mergel eingeschaltet sehen, so fassen wir das ganze riesige Profil doch als geschichtet auf. Und wenn jene Ablagerungsgrenzen durch einen Wechsel in der Beschaffenheit des Gesteinsmaterials entstehen, so können wir diesen Satz auch auf jede Schichtung übertragen und können feststellen: Schichtung entsteht durch eine Verschiedenheit des Gesteinsmaterials, durch einen Wandel der Facies. Und da ein Gestein in seinen Eigenschaften so vollständig von den Bedingungen seiner Bildung abhängig ist; dass eine geringe Veränderung der Bildungsumstände sich auch in einer Veränderung der Eigenschaften des Gesteins ausprägt, so kommen wir nothgedrungen zu dem einzigen allgemeinen Urtheil über die Entstehung der Schichtung, das wir in folgenden Worten zusammenfassen: Schichtung entsteht

1) EMMERICH, Neues Jahrb. für Min. 1844, S. 802.

durch einen unvermittelten Wechsel in den lithogenetischen Bedingungen!).

Nach diesen für jede beliebige Schichtenfuge giltigen Sätzen: müssen wir zuerst die verschiedenen Typen der Schichtung besprechen,

1) Mangel der Schichtung (s. Fig. 1). Ungeschichtet nennen wir eine Ablagerung, innerhalb deren keine trennenden Schichtenfugen zu beobachten sind. Es kann vorkommen, dass ein Gestein nur scheinbar ungeschichtet ist, dass ein Kalk auf dem Querbruch ungeschichtet erscheint, während durch Verwitterung eine Wechselfolge von feineren und gröberen Fragmenten sichtbar wird. Solange aber an einem Aufschluss ein unvermittelter Wechsel in der physikalischen Gesteinsbeschaffenheit nicht nachweisbar ist, nennen wir die Ablagerung ungeschichtet.



Fig. 1. Mangel der Schichtung.

2) Andeutung der Schichtung (s. Fig. 2) nennen wir die Gliederung einer Ablagerung durch unterbrochene ursprüngliche Trennungsfugen. Die Schichtung kann durch Versteinerungen angedeutet sein, oder bei vulkanischen Gesteinen durch horizontale Reihen von Dampfporen und Mandelsteinsekretionen.



Fig. 2. Andeutung der Schichtung.

3) Schichtung ist die Gliederung einer Ablagerung in aufeinander-

1) Anmerkung. In der mir zugänglichen Literatur habe ich bei folgenden Autoren eine ähnliche Ansicht wiedergefunden: KLOEDEN sagt 1859 (Physik. Geogr., S. 206): Eine Schichtung setzt voraus, dass in der Bildung der Gesteinsmasse Unterbrechungen oder Pausen stattgefunden haben, oder dass von irgend einem Zeitpunkt an durch veränderte Umstände eine Art von Bildung auch ein abweichendes Produkt zur Folge gehabt hat, so dass jede einzelne Schicht einer besonderen Bildungsperiode entspricht.

PFAFF (Allgem. Geologie, 1873, S. 64) sagt: In der Regel findet man zwischen zwei verschiedenen Schichten nicht einfach eine blosse Fuge, sondern eine dünne Lage anderen Materials, und es dürfte naturgemässer sein, statt der Unterbrechung des Absatzes ganz allgemein den Begriff einer Aenderung der Bildungsverhältnisse zu substituieren.

E. KALKOWSKY (Elemente der Lithologie, 1886, S. 21) sagt im Anschluss an die Beschreibung der Schwerkraft: tritt eine Unterbrechung in der Zufuhr von Material, oder gar eine Aenderung seiner Beschaffenheit ein, so erhält die Schicht nach oben eine Grenze, die zugleich zur unteren Grenze und Unterlage für die sich zunächst bildende Schicht wird.

v. RICHTHOFEN (China, I, S. 61) sagt: Bei vielen Gesteinen sind die einzelnen Lagen des Materials, wie sie sich successiv abgesetzt haben, durch ebene, und unter einander mehr oder weniger parallele Flächen getrennt, welche in der Regel einer periodischen Aenderung des abgesetzten Materials ihre Entstehung verdanken, und eine mehr oder minder leichte Lösung der einzelnen Lagen des Gesteins, oder der Bodenart gestatten.

v. GUEMBEL betont denselben Vorgang, wenn er (Geologie von Bayern 1888, I, S. 484) sagt: Im Grunde lässt sich jede unterscheidbare Schicht als das Zeichen einer Unterbrechung der fortschreitenden Ausbildung der Erdrinde und einer, wenn auch noch so schwachen Veränderung in den Bildungsbedingungen betrachten.

liegende Lager durch ununterbrochene ursprüngliche Trennungsflächen. Eine Schichtungsfläche kann concordant oder discordant sein.



Fig. 3. Concordante regelmässige Schichtung (Wechselagerung).

die verschiedenen Gesteinslager ungefähr die gleiche Mächtigkeit besitzen, von Wechselagerung. Die concordante Schichtenfuge entspricht einer Auflagerungsfläche.



Fig. 4. Discordante Schichtungsfläche (rechts „maskierte Discordanz“).

Schichtenfugen, wir nennen dies: maskierte Discordanz (s. Fig. 4 rechts). In der Regel zeichnet sich die discordante Schichtung durch eine unregelmässig übergreifende Lagerung (s. Fig. 4 links) aus.



Fig. 5. Diagonalschichtung mit regelmässig geschichteten Zwischenlagen.

Diagonalschichtung kann nur angedeutet oder vollkommen ausgebildet sein, jedenfalls kann man immer eine, antiklinal nach beiden Seiten geneigte, Reihe von Trennungsebenen innerhalb einer Bank erkennen. Diagonal geschichtete Bänke wechseln häufig mit regelmässiger Schichtung in den aufeinanderfolgenden Bänken eines Profils ab.



Fig. 6. Auskeilende Schichtung.

ist für die Beurtheilung des Wesens der Schichtung von massgebender Bedeutung. Wenn eine Gesteinsschicht so dünne werden kann, dass sie im Verlaufe des Profils in einer Schichtenfuge endigt, so ist damit der Nachweis geführt, dass in vielen Fällen ein principieller Unterschied zwischen Schicht und Schichtenfuge gar nicht besteht. Denn

Concordante regelmässige Schichtung (s. Fig. 3) zeichnet sich durch annähernde Horizontalität aller Schichtenfugen aus. Da sie durch eine wechselnde Beschaffenheit der aufeinanderliegenden Ablagerungen entsteht, so spricht man, wenn 4) Discordante Schichtung (s. Fig. 4) entsteht durch die Ueberlagerung eines theilweise denudierten Gesteins von einer neuen Ablagerung. Nur in seltenen Fällen ist die Denudationsfläche so horizontal, dass sie übereinstimmt mit der Form der darunter und darüber liegenden concordanten

5) Diagonalschichtung (s. Fig. 5) besteht darin, dass eine, durch concordante Schichtenfugen nach unten und oben ebenflächig abgegrenzte Bank nach der Richtung der beiden Diagonalen in einzelne kleinere Schichten zerfällt. Die Dia-

6) Auskeilende Schichtung (s. Fig. 6) besteht darin, dass sich innerhalb desselben Profils eine Schicht oder Bank immer mehr verschmälert und endlich verschwindet, oder sogar in eine Schichtenfuge übergeht. Gerade dieses letztere Verhältniss

die Schichtenfuge ist darnach oft weiter nichts, als eine bis zu grosser Dünne zusammengeschrunppte Schicht anderen Gesteinsmaterials.

Da keine einzige Schicht um die ganze Erdrinde herum verfolgt werden kann, vielmehr oft schon nach kurzem Verlauf endet und durch andere Schichten abgelöst wird, so muss principiell jede beliebige Ablagerung irgendwo auskeilen. Aber die Stellen solchen Facieswechsels sind naturgemäss in einer kleineren Anzahl von Fällen deutlich aufgeschlossen, als die Profile regelmässiger Schichtung.

7) Die Ueberguss-schichtung (s. Fig. 7) ist eine Unterart der auskeilenden Schichtung, und beruht in schuppenförmig übereinander greifenden auskeilenden Schichten, wie sie besonders schön an den Gehängen von Korallenriffen als Kalkzungen ausgebildet sind, die in die umgebenden klastischen Sedimente hinabtauchen.



Fig. 7. Ueberguss-schichtung
(rechts auf dem Durchschnitt).

8) Die unregelmässige Schichtung (s. Fig. 8) ist dadurch charakterisirt, dass alle vorher genannten Typen der Schichtung in buntem Wechsel neben- und übereinander vorkommen, so dass das aufgeschlossene Profil keinen überwiegenden Typus des Schichtenverbandes zeigt.

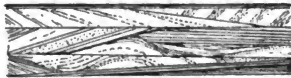


Fig. 8. Unregelmässige Schichtung.

Alle Schichtungsflächen sind Ebenen geringerer Festigkeit innerhalb eines Profils. Die Verwitterung kann infolgedessen an diesen Stellen stärker wirksam sein, als an anderen Orten. Von den Lithoklassen und den Schieferungsflächen, mit denen die Schichtungsflächen in dieser Hinsicht übereinstimmen, unterscheiden sich die letzteren dadurch, dass sie ursprüngliche, nicht nachträglich entstandene Festigkeitsunterschiede darstellen.

Ein Wechsel in den Bedingungen des Absatzes kann durch zwei verschiedene Umstände hervorgerufen werden, die zwar im Wesen übereinstimmen, aber doch eine gesonderte Behandlung erfordern:

Wenn aus dem Vulkanschlot zuerst flüssige Lava hervordringt, dann Aschen ausgestossen werden, und sich dieser Wechsel mehrfach wiederholt, so entsteht eine aus Lava und Tuff geschichtete vulkanische Ablagerung. Wenn ein Fluss zur trockenen Sommerszeit nur leichte Thontheilchen ins Meer trägt, aber durch die Schneewasser geschwellt, im Frühjahr auch gröberen Sand zu verfrachten im Stande ist, so bildet er einen aus Thonschichten und Sandstein geschichteten Deltakegel. Wenn am Boden der Tiefsee lange Zeit hindurch monotonen Globigerinenplankton abgelagert wurde, und dann wieder die biodynamischen Verhältnisse des offenen Meeres in der Weise wechselten, dass Diatomeen dasselbe belebten, so wird sich eine Ablagerung bilden, welche aus wechselnden Schichten von Globigerinenkalk und Diatomeenkieselschiefer besteht. Wir wollen diesen Vorgang direkte Schich-

tung nennen, weil in diesen Fällen die definitive Schichtung mit der ersten Ablagerung des Gesteins zeitlich zusammenfällt.

Ganz anders liegen aber die Verhältnisse, wenn ein aus Sand und Thon gemengtes Sediment zur Ablagerung kam, und später diese Sedimentmasse durch die Wasserbewegung aufgewühlt wurde. Bei jedem Sturm kann man an sandigen Küsten beobachten, dass nach einiger Zeit das Meerwasser nahe dem Strande missfarbig wird. Wenn wir uns diese Umstände auf dem senkrechten Querschnitt betrachten könnten, so würden wir bemerken, dass überall, wo die Wasserbewegung den Meeresgrund erreichte, das Sediment des Meeresbodens aufgewühlt und der leichtere Theil des abgelagerten Materials im Wasser schwebend erhalten wurde. Der Sturm hört auf, das Wasser beruhigt sich, und langsam sinkt die Wassertrübe zu Boden. Es entsteht eine geschichtete Ablagerung, welche aus einer unteren grobkörnigen und einer oberen thonigen Schicht besteht.

Auch auf dem Festland kann sich diese, wie wir sie nennen wollen: indirekte Schichtung leicht bilden, wenn der Wirbelwind feine Staubtheilchen in der Wüste emporträgt, während die schwereren Sandkörner liegen bleiben. Denn, sobald der Wind nachlässt und der Staub wieder zu Boden fallen kann, sind die Bedingungen der Schichtenbildung gegeben.

Die spätere Schichtung¹⁾, ursprünglich ungeschichteter Massen durch Ausschlämmung ist einer der häufigsten Charaktere der Sand- und Sandsteinbildungen, und die unmittelbare Beobachtung ihrer Bildung erklärt leicht, wie Conglomerate und Sandsteine so häufig wechseln wie gleichzeitige Bildungen einen sehr verschiedenen Charakter annehmen können.

Ein rascher Wechsel des Sedimentes nach der Grösse des klastischen Materials, die häufige Wiederholung dünner Thonschichten zwischen Sandsteinbänken dürfte am einfachsten in dieser indirekten Schichtung ihre Erklärung finden.

Auch die Vertheilung von Fossilien innerhalb eines Gesteins kann auf demselben Weg geschehen. Auf den Sandwatten Jütlands sondern und ordnen die täglichen Fluthen was die hohen Sturmfluthen ausgeworfen haben. Sie spülen einen Theil des Sandes weg und sammeln Tausende von Conchilien an der Oberfläche. Die Sturmwellen werfen die Muscheln ans Ufer, die Fluthwellen ordnen dieselben und bringen dadurch Schichtung hervor.

In fast homogenen Absätzen kann Schichtung sogar unter dem Einfluss von Temperaturschwankungen entstehen und vergehen:

Nach den Versuchen von BREWER²⁾ verhalten sich Thonpartikel in Wasser sehr verschiedenartig. Manche Thonsubstanzen fallen, nachdem sie durch Schütteln gleichmässig im Wasser vertheilt waren, in der Weise zu Boden, dass der Bodensatz von unten nach oben an Dichte abnimmt und endlich reines klares Wasser über sich stehen lässt. Gewöhnlich aber setzt sich das suspendirte Material in mehr oder weniger deutlichen Schichten ab.

Manchmal erkennt man 2 oder 3 verschiedene Schichten, ein

1) FORCHHAMMER, N. Jahrb. f. Min. 1841, S. 22.

2) Americ. Journal, 3. S., XXIX, 1885, S. 1.

anderes mal 7 oder 8, je nach der Reinheit des Wassers an gelösten Substanzen, und je nach der Temperatur. Manche Schichten sind leicht erkennbar, andere sind undeutlich und lassen sich nur bei günstiger Beleuchtung erkennen. Die einen sind scharf getrennt, andere zeigen nur eine undeutliche Trennungslinie. Gewisse Schichtenfugen, die bei einer bestimmten Temperatur undeutlich waren, werden durch Temperaturerhöhung und durch Abkühlung scharf und deutlich, während andere Fugen durch Temperaturveränderungen zum Verschwinden gebracht werden können. Bisweilen trennt sich eine einheitliche Schicht durch Temperaturveränderung in mehrere unterscheidbare Unterabtheilungen, diese verschwinden wieder bei Verminderung oder Steigerung der Temperatur.

Auch diese Versuche zeigen, dass Schichtung unabhängig von der zeitlichen Unterbrechung des Absatzes entstehen kann.

Wir haben schon mehrfach auseinandergesetzt, dass Schichtungsflächen ehemalige Auflagerungsflächen sind, d. h. dass sie der einstigen Oberfläche einer frisch gebildeten Ablagerung entsprechen. Damit ist unseren weiteren Untersuchungen über die Entstehung der Schichtung der Weg vorgezeichnet. Wir haben die Oberflächenform frisch gebildeter Ablagerungen auf der heutigen Erdrinde zu prüfen, und müssen uns dieselben auf dem optischen Querschnitt darzustellen suchen, um darnach die in den geologischen Profilen erkennbaren Schichtenfugen zu beurtheilen.

Jede Ablagerung hat eine Unterlage, einen Rand und eine Oberfläche. Nach den Grundsätzen der ontologischen Methode werden wir demgemäss zuerst: die Neigung der Unterlage, dann die Neigung der Oberfläche einer Ablagerung und endlich die Randpartieen der frisch gebildeten Gesteine ins Auge fassen.

Dass die Neigung der Unterlage eine massgebende Rolle bei der Ablagerung eines Gesteins spielt, bedarf keiner Begründung. Auf einer senkrechten Fläche können sich zwar benthonische Meeresorganismen ansiedeln, und unter Umständen durch die Mineralsalze ihrer Gewebe eine Ablagerung erzeugen, allein verschiebbares Gesteinsmaterial wird sich um so leichter anhäufen können, je mehr sich die Neigung der Unterlage einer horizontalen Ebene nähert. Ablagerungen können auf Denudationsflächen zum Absatz gelangen, in jedem Fall wird der Neigungswinkel des Untergrundes auch die Art der Ablagerung beeinflussen.

Betrachten wir zuerst die organischen Ablagerungen, so ist dem Wachsen von Korallen, Kalkalgen, Bryozoen und ähnlichen Kalkbildnern durch die Neigung des Untergrundes keine Grenze gesetzt.

Die Challengerbank¹⁾ auf den Bermudas ist 19° steil; das Bougainvilleriff ist bei 110 m Tiefe senkrecht, bis 250 m 76°, bis 450 m 53° geneigt; das Dartriff ist bis 350 m 64°, die Macclesfeldbank in der Chinasee bis 1300 m 51° geneigt.

Nach den Lothungen des Challenger²⁾ betrug der Winkel des submarinen Abhangs an den Bermudas bis 760 m etwa 20°, von da bis zu 1800 m gegen 7—15°.

1) WHARTON, Nature 1890 Juni.

2) CHALLENGER, Narrative, I, S. 139.

Das Barrierriff von Tahiti ¹⁾ zeigt folgende Böschungswinkel:	
ungefähre Tiefe in Metern	Neigungswinkel
0 m	2,17°
2 m	2,45°
4 m	23,22°
24 m	15,38°
36 m	37,14°
bis 64 m wuchsen noch lebende Korallenstöcke	
70 m	69,15°
190 m	38,39°
230 m	45°
270 m	30,58°

Bis hierher fand sich Korallensand gemischt mit vulkanischem Material. Grobe Korallenblöcke lagen noch 280 m tief.

Nach ARAGO²⁾ beobachtet man an der Flanke von der Vulkaninsel Ferdinandea 47—62°.

am Vesuvkegel 33°

an der Aetnaspitze 32°.

Trockener feiner Sand blieb liegen auf einer Unterlage von 34°, trockene feine Erde bei 46°, feuchte Erde bei 50°.

Nach den Versuchen von ROZET³⁾ können sich regelmässige Sedimentschichten auf einer bis 30° geneigten Unterlage bilden. Bei zunehmender Neigung nimmt die Dicke der Schichten ab. Minder schwere Körper können sich auf geneigteren Flächen halten, und Geschiebe können sich noch bei 15° Neigung in regelmässige Schichten lagern.

Die Beobachtungen von STUDER⁴⁾ am trocken gelegten Delta des Lungener Sec's zeigten Kies- und Sandschichten, welche unter einem Winkel von 35° gegen den Seegrund geneigt waren, und dort allmählig in die horizontalen Schichten desselben übergingen. Der feine Seeschlamm hatte sich an manchen Stellen unter 25° abgesetzt. Solche stark geneigten Thonschichten, waren oben 10—20 cm dick, während sie nach unten zu 1 m Mächtigkeit anschwollen.

Alle die bisher angeführten Winkel entsprechen also den Winkeln, welche Schichtenflächen ursprünglich auf denudirten Flächen oder auf vorherigen Ablagerungen bilden können.

Häufig bestimmt die Neigung des Untergrundes auch den Böschungswinkel der Oberfläche einer Ablagerung. Aber da solche Verhältnisse und Beziehungen in jedem Profil deutlich aufgeschlossen sind, können wir eine speciellere Behandlung dieser Verhältnisse ausser Acht lassen.

Wir haben früher festgestellt, dass jede obere Begrenzungsfläche einer Ablagerung, einstmalige Erdoberfläche gewesen ist. Bei fort-dauernder Ablagerung wird die Oberfläche des vorhergehenden Absatzes zur Unterlage des darauf abgelagerten Materials, und damit zur Schichtenfuge. Eine Schichtungsebene in einer Ablagerung ist also die Oberfläche der unteren Bank und die Unterlage der darauf fol-

1) CHALLENGER, Narrative, II, S. 779.

2) Neues Jahrbuch für Mineral. 1838, S. 454.

3) ROZET, Bull. géol. 1835, VI, S. 340, nach Neues Jahrbuch für Mineral. 1838, S. 217.

4) STUDER, Neues Jahrbuch für Min. 1836, S. 699.

genden Schicht. Und wenn wir uns ein Urtheil bilden wollen über die ursprüngliche Neigung frisch gebildeter Schichtungsflächen, so brauchen wir nur das Oberflächenrelief und die Böschungsverhältnisse der Regionen der Auflagerung zu studiren. Wir wollen zuerst die Neigung festländischer Ablagerungen betrachten:

Die seeseitige Böschung ¹⁾ der Düne an der frischen Nehrung war durchschnittlich $5,5^\circ$, die landseitige aber $31,5^\circ$, die grösste Neigung wurde mit 41° beobachtet.

Am Golf ²⁾ von Gascogne, zwischen den Mündungen der Gironde und des Adour ist eine bis 8 km breite Zone, bedeckt mit 50—100 m hohen Dünenketten. Die Sandberge haben auf der Luvseite (dem See- wind zugewandt) eine Neigung von $8-20^\circ$, auf der gegenüberliegenden Leeseite (vom Winde abgewandt) eine solche von $32-40^\circ$.

Die Dünen ³⁾ der algerischen Sahara haben einen gegen den Wind gerichteten sanften Abhang, und auf der andern Seite eine Neigung von $32-33^\circ$.

Das normale Querprofil ⁴⁾ einer Sanddüne in der Libyschen Wüste zeigt auf der, dem herrschenden Winde zugekehrten, etwas convexen Seite einen Neigungswinkel von $10-20^\circ$, auf der entgegengesetzten Seite dagegen einen Böschungswinkel von 30° . Der Dünenkamm ist wie mit dem Messer abgeschnitten und unter ihm fällt auf der Leeseite das Gehänge 1—2 m hoch senkrecht ab.

Auch am Grunde von Wasserbecken finden wir sehr wechselnde Böschungen an den frisch aufbereiteten Sedimenten:

Dass die Oberfläche eines lebenden Korallenriffes unter Umständen nicht nur zur definitiven Grenzfläche des Korallenkalkes, sondern ebenso leicht zur Schichtungsfläche innerhalb der Kalkalagerung werden kann, bedarf nach dem früher Gesagten keiner Begründung. Wir haben später noch zu zeigen, dass auf einem Korallenriff die Vorbedingungen für die Bildung jeder beliebigen Art der Schichtung gegeben sind. Die durch eine negative Strandverschiebung trocken gelegten Korallenkalle ⁵⁾ auf Wokan Isl. fallen 20° gegen die See ein, und es ist nach den oben angeführten Zahlen der äusseren Böschung von Korallenriffen sehr wahrscheinlich, dass auch noch stärker geneigte ursprüngliche Schichtungsflächen in Korallenkalken vorkommen. Besonders am Rande der Riffkalke, wo dieselben mit gleichseitigen thonigen Facies zusammenstossen, findet sich häufig jene eigenthümliche Art der Schichtung, welche v. MOJSISOVICS ⁶⁾: Uebergusschichtung genannt hat. In diesen Fällen gehen von der ungeschichteten Kalkmasse des Riffstockes stark geneigte Kalkzungen in die benachbarten Mergelschichten, welche nach der Denudation der letzteren, auf der Fläche der Riffböschung als vielfach gebogene, unterbrochene, wellige Schichtenfugen erscheinen, im schematischen Querschnitt aber abwärts geneigte Kalkzungen sind, welche wie Schalen dichtgedrängt

1) HAGEN, Seeuferbau, II, S. 137.

2) PIGEON, Annales des Mines, 4. S., XVI, S. 257.

3) ROLLAND, Géologie du Sahara algérien. Paris 1890, S. 213.

4) ZITTEL, Palaeontographica, Bd. XXX, S. 138.

5) CHALLENGER, Narrative, II, S. 551.

6) v. MOJSISOVICS, Dolomitriffe von Südtirol, S. 169.

übereinanderliegen. Schon DARWIN¹⁾ hat auf diese „schräge Schichtung“ an der Basis von Korallenriffen aufmerksam gemacht.

Klastisches Material wird je nach seiner Korngrösse oder der Wasserbewegung unter verschiedenen Böschungen aufgelagert. An der Küste²⁾ bei Skagen wird Sand unter 6°, 8°, 12°, 13°, 14° aufbereitet. Gerölle bleiben im Maximum unter 25° liegen.

Wesentlich flacher wird der Böschungswinkel in einiger Entfernung von der Küste. E. de BEAUMONT³⁾ fand im Delta

des Mississippi	eine Böschung	von	1° 0'
der Tiber	"	"	" 0° 45'
der Rhone	"	"	" 0° 30'
des Ebro	"	"	" 0° 17'
der Donau	"	"	" 0° 12'
des Po	"	"	" 0° 9'
des Ganges	"	"	" 0° 4'

und je weiter man sich von der Küste entfernt, desto mehr nähert sich (mit Ausnahme der früher besprochenen Kontinentalstufe) die Neigung des Meeresbodens der Horizontalen.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben aber nur eine Seite des Schichtungsproblems beleuchtet; wir haben bisher nur das vertikale Profil durch eine beliebig ausgedehnte Schichtenserie betrachtet; und es erübrigt noch, die einzelne Schicht in ihrer horizontalen Ausdehnung und die Grenze der Schicht in den Kreis unserer Erörterungen zu ziehen.

Wir müssen hier wohl unterscheiden zwischen den ursprünglichen und den empirischen Grenzen einer Schichtentafel, und lassen jetzt alle durch nachträgliche Vorgänge gebildeten, secundären Schichtengrenzen (Denudationsgrenzen) ausser Acht.

Sobald wir im Stande sind, eine gegebene Schicht in ihrer seitlichen Ausdehnung weiter zu verfolgen, so finden wir stets irgendwo ein Ende derselben. Keine Schicht geht um die ganze Erde herum, keine Bank lässt sich auf eine beträchtliche Erstreckung unverändert weiter verfolgen; irgendwo wird sie durch andere Bänke oder Schichten abgelöst. Bald ist die horizontale Erstreckung einer Schicht so gering, dass wir sie als Linse bezeichnen, bald können wir in demselben Aufschluss ihren Rand nicht beobachten, aber bei sorgfältigem Studium sehen wir jede Schicht auskeilen.

Der Charakter jedes frisch gebildeten Gesteins wird bedingt durch die specifischen Bedingungen seiner Bildung; und wenn wir eine ebenso genaue Kenntniss dieser Bildungsumstände, wie eine vollkommene Physiographie des fertigen Gesteins besässen, so könnte man Ursache und Wirkung der Gesteinsbildung in den engsten Causalzusammenhang rücken. Soviel aber können wir schon jetzt behaupten: Die primären Eigenschaften der Gesteine sind eine Folge der Bildungsumstände. Nach den Grundsätzen der ontologischen Methode werden wir künftighin die Regionen der Gesteinsbildung und die Correlation der daselbst gebildeten Gesteine zu betrachten haben; hier genügt es

1) DARWIN, Korallenriffe, Stuttgart 1876, S. 115, Anm. 18.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrbuch für Mineral. 1841, S. 24.

3) E. DE BEAUMONT, das. 1838, S. 218.

uns zu wissen, dass die Verschiedenheit der räumlich nebeneinander und zeitlich nacheinander gebildeten Gesteine durch eine Veränderung in den Bedingungen der Gesteinsbildung hervorgerufen wird. Ebenso wie die Verbreitung der Fossilien in den Schichten der Erde von beständigen Wanderungen der Floren und Faunenbezirke über die Erdoberfläche zu erzählen weiss, so wandert auch beständig die Facies der Gesteinsbildung.

Wo in dem einen Abschnitt der Erdgeschichte Küstendünen zur Ablagerung gelangten, da finden wir in einer folgenden Periode die Salzlager der Strandlagunen, später die Mergel der Flachsee und darüber vielleicht die ungeschichteten Kalke eines Korallenriffes. So verschiebt sich beständig auf der Erdoberfläche die Vertheilung der Gesteinsfacies; und wie bei den Lebensbezirken, so verlangt das Gesetz der Correlation der Facies, dass nur solche Gesteine unmittelbar übereinander zur Ablagerung gelangen können, welche auf der gegenwärtigen Erdoberfläche nebeneinander beobachtet werden.

Das Nebeneinander der Gesteine, die Heteropie der Felsarten tritt uns auf dem Querschnitt des Profils als auseinander Schichtung entgegen. Das Auskeilen einer gegebenen Schicht, einer Bank ist nicht etwa eine Ausnahme, sondern eine Nothwendigkeit. Keine Schicht ist seitlich unbegrenzt, jede Schicht keilt sich nach jeder Seite ihrer Flächenausdehnung aus; und es liegt nur an der Unvollkommenheit der Aufschlüsse, wenn wir den Eindruck einer seitlich unbegrenzten Schicht erhalten; genau so wie es nur an der Höhe des Aufschlusses liegt, ob wir eine ungeschichtete Ablagerung vor uns sehen, oder eine Gliederung des Profils durch Schichtenfugen erkennen.

Ausser den eben besprochenen, ursprünglichen Grenzen einer gegebenen Ablagerung giebt es noch eine andere Art der Begrenzung von Schichten, welche nicht gerade als Ausdruck einer regionalen Denudation, wohl aber als solcher einer lokalen Wanderung des Sedimentes betrachtet werden muss, ich meine die Diagonalschichtung.

Wir haben die Diagonalschichtung schon beschrieben und fanden ihren wesentlichen Charakter darin, dass innerhalb einer, regelmässig nach oben und nach unten horizontal abgegrenzten Bank eine, nach den beiden Diagonalen orientirte, Schichtung zu sehen ist. Ich lege Gewicht darauf, dass die Diagonalschichtung nach den beiden Diagonalen, je nachdem antiklin oder synklin gegliedert ist, denn, wenn man, wie es häufig geschieht, das Wesen der Diagonalschichtung darin sucht, dass die Gliederung innerhalb der Bank nur nach einer Diagonale geneigt erscheint, dann besteht kein Zweifel darüber, dass es sich um den Durchschnitt eines Schuttkegels an der Mündung eines Flusses oder um jene Art der unregelmässigen Schichtung dreht, welche FORCHHAMMER durch die Anspülung von Sandschichten an einen meerwärts geneigten Strand erklärt hat. Echte Diagonalschichtung liegt nur vor, wenn die untergeordneten Schichtenfugen, wie es auf Fig. 5 S. 630 dargestellt ist, antiklin (oder synklin) nach beiden Diagonalen verlaufen. Eine solche Bildung kann weder am Deltakegel eines Flusses, noch am geneigten Flachstrand entstehen. Vielmehr entsteht Diagonalschichtung dadurch, dass ein, aus concentrischen Schalen aufgebauter Sedimenthügel seine Lage verändert und hierbei einen Theil seiner Basis am alten Orte zurücklässt. Folgende

Thatsachen werden diese Ansicht bestätigen: An der Jütländischen¹⁾ Küste ist jede Düne in der Weise geschichtet, dass sie auf der Luvseite unter 5° , auf der Leeseite unter 30° geneigt ist, entsprechend dem äusseren Umriss des Sandberges. Diese Schichtung zeigt sich in der Abwechslung von feinen und groben Körnern, deren Absatz durch die verschiedene Stärke des Windes bestimmt war. Wenn eine solche Düne wandert, und hierbei einen Theil ihrer Basis stehen lässt, so muss jener Fall eintreten, den v. MIDDENDORF²⁾ in wandernden Dünen in der Kokanwüste beobachtete. Dort fanden sich Dünen, welche, ähnlich wie die oben beschriebenen, aus concentrischen Schichten von Sand und Thonstaub bestanden. Beim Wandern der Düne war ein Theil der Basis stehen geblieben und die zwischen die Sande eingeschalteten Lehmschichten bildeten auf dem Anschnitt papierdünne Schichtenköpfe, welche auf der Luvseite den Hügel horizontal umsäumten (vergl. die Abbildungen Fig. 5 und 8).

Aber nicht nur durch das Wandern festländischer Dünen, sondern auch durch Verschiebung mariner Sandbänke und Barren kann Diagonalschichtung entstehen. Die Klippen der Adamsbrücke³⁾ in der Palkstrasse bestehen aus Sandsteinen, welche durch ihren Gehalt an marinen Conchilien als eine submarine Bildung leicht erkannt werden können. Bei ihnen ist ebenfalls die Diagonalschichtung in allen Typen der Ausbildung entwickelt. Und wenn man beobachten kann, wie fast alljährlich in jenem Meeresarm durch die heftige Monsunströmung eine beständige Veränderung der Sandbänke und der übrigen Sedimentformen hervorgerufen wird, so liegt es nahe auch für diese älteren Litoralgesteine eine ähnliche Bildungsweise anzunehmen.

Blicken wir jetzt zurück auf die bisher besprochenen Typen der Schichtung, so können wir zusammenfassend folgende Sätze aussprechen: Regelmässige concordante Schichtung entsteht entweder durch eine Veränderung in den Ablagerungsbedingungen, durch ein Wandern der Facies, oder durch die lokale Sonderung einer aus verschiedenen schweren Theilchen bestehenden Ablagerung. Je rascher und häufiger die Schichten verschiedenen Gesteinsmaterials aufeinander folgen, desto häufiger wechseln die Bedingungen der Ablagerung, oder desto häufiger wurde das abgelagerte Sediment aufgewühlt. Die Schichtenfugen entsprechen nicht einer zeitlichen Unterbrechung des Absatzes, sondern dem Wechsel der Facies.

Ungeschichtete Ablagerungen entstehen, wenn während der Ablagerung keine Veränderung in den Bedingungen derselben, und kein Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit eintritt.

Angedeutete Schichtung entsteht, wenn jene Veränderung des Gesteinscharakters in einer grösseren Ablagerungsregion nicht gleichzeitig eintritt.

Diagonalschichtung entsteht dadurch, dass ein aus concentrischen Schalen aufgebauter Sedimenthügel in seinem oberen Theile wandert, während der untere Theil stehen bleibt. Ist der Neigungswinkel der antiklinal zusammenstossenden Schichtungsdiagonalen an-

1) FORCHHAMER, Neues Jahrbuch für. Mineral. 1841, S. 7.

2) v. MIDDENDORF, Mém. Acad. Imp. St. Petersbourg, XXIX, I, S. 91.

3) J. WALTHER, Peterm. Mitth., Ergänzungsheft 102, S. 11.

nähernd gleich gross, dann handelt es sich um eine Bildung unter Wasser, ist derselbe auf der einen Seite etwa 5—10°, auf der anderen Seite 20—30°, so liegt ein Dünengestein vor.

Anskeilende Schichtung und Uebergusschichtung bezeichnen den räumlichen Wechsel der Facies, und charakterisiren den äusseren Rand einer Ablagerung. Uebergusschichtung ist beschränkt auf die Böschung von Korallenriffen.

Unregelmässige Schichtung entsteht meist im Litoralgebiet unter dem Einfluss beständig wechselnder Wellen und Strömungen.

Die Neigung des Untergrundes beeinflusst die Neigung der Schichtungsoberfläche. Organische Ablagerungen können selbst an senkrechten Wänden gebildet werden, und daher durch sehr steile ursprüngliche Schichtungsfugen getheilt erscheinen. Mechanische Ablagerungen können auf Böschungen bis zu 30° gebildet werden, und entsprechende Schichtung zeigen.

Die Frage, ob Schichtung verloren gehen kann, ist früher gewöhnlich in bejahendem Sinn entschieden worden, obwohl nur wenige lokale Fälle sicher nachgewiesen werden konnten. Die metamorphosirenden Kräfte, auf deren Wirkung man einen solchen Vorgang zurückführen könnte, sind Hitze und Druck. Wenn Schichtung durch starke Erwärmung nothwendig verschwinden müsste, so würden wir an den Kontaktgrenzen vulkanischer Gesteine diese Erscheinung immer beobachten können. Die berühmte Kontaktstelle bei Predazzo¹⁾ zeigt folgende Verhältnisse: die an der Basis des Aufschlusses anstehenden wohlgeschichteten Bänke gehören dem unteren Muschelkalk an. Diese Schichten sind theils in mit Carbonaten vermengte Silikate, theils in continuirliche Silikatbänke umgewandelt.

Hier ist also keine Veränderung der geschichteten Struktur eingetreten, obwohl jede einzelne Schicht sehr wesentliche strukturelle und chemische Veränderungen erlitten hat. Und die vielen Profile, welche v. MOJSISOVICS in dem angeführten Werk über das Ineinandergreifen geschichteter und ungeschichteter Kalkmassen giebt, zeigen, dass die Schichtungslosigkeit der Dolomiten eine ursprüngliche Eigenschaft ist, aber nicht eine nachträgliche Veränderung durch Metamorphose.

Dass Schichtung durch Druck nicht nothwendiger Weise verloren geht, dafür ist jedes Profil in dem man Schichtung und Schieferung unterscheidet ein zwingender Beweis. Denn wenn durch die bedeutende mechanische Leistung des Seitenschubes das ganze Gefüge der Felsmasse so verändert werden konnte, dass Schieferung entstand, ohne dass dabei der ursprüngliche Gesteinswechsel der Schichten verändert wurde, dann ist die Meinung, dass Schichtung durch Metamorphose verloren gehen müsse, nur für einzelne Ausnahmen zutreffend.

Manche Angaben existiren über die Länge der Zeit, welche erforderlich war, um eine Ablagerung von bestimmter Dicke zu bilden. Wir werden im nächsten Theil dieses Bandes einige diesbezügliche Beispiele bringen können. Aber schon hier müssen wir darauf hinweisen, wie wenig solche Angaben zur Grundlage grösserer Berechnungen gemacht werden können. Dieselbe Schlammschicht von 1 cm Höhe, welche sich aus

1) MOJSISOVICS, Dolomitriffe von Südtirol, S. 389.

stehendem Süsswasser in 30 Monaten absetzt, wird in stehendem Brackwasser in 30 Minuten gebildet.

Während ein Korallenriff am Aussenrand, wo seine Fauna reiche Nahrung findet, in wenig Monaten um ein beträchtliches Stück wachsen kann, sind die Wachstumsbedingungen im Innern der Lagune so ungünstig, dass zu demselben Wachstumseffekt vielleicht ebenso viel Jahrzehnte gehören.

Wenn wir ausserdem bedenken, dass nicht nur bei wechselnder Kraft der Denudationsvorgänge ein Wechsel in der Masse des denudierten und wieder abgelagerten Materials eintritt (Sturmfluth, Schneeschmelze, Orkan u. s. w.), sondern auch bei constanter Leistung der Denudationskräfte durch das Hinzutreten von Dislocationen ihre Wirkung in der Zeiteinheit unverhältnissmässig gesteigert werden kann, so werden wir darauf verzichten, durch einfache Multiplikation einer beobachteten Ablagerungsgeschwindigkeit mit einer grösseren Reihe von Jahrhunderten, dem Räthsel der Erdgeschichte näher kommen zu wollen.

Man findet in vielen Abhandlungen und Lehrbüchern die Ansicht vertreten, dass nicht nur zur Bildung einer Gesteinsschicht eine bestimmte Zeit nöthig war, sondern, dass auch die Schichtenfugen grössere Zeiträume repräsentiren, innerhalb deren der Ablagerungsvorgang ruhte. Es kommen dadurch Zahlen über das Alter der Erdrinde zustande, welche weit über die Grenzen der Wahrscheinlichkeit hinausragen.

Nach dem bisher Gesagten, ist der Schluss wohl selbstverständlich, dass eine discordante Schichtenfuge einen Zeitraum repräsentirt, dessen Länge von der Intensität der Denudation abhängig war. Aber ein Irrthum ist es, wenn man annimmt, dass auch eine concordante Auflagerungsfläche einer Pause des Ablagerungsvorganges entspreche. Eine Discordanz kann nur dadurch entstehen, dass an der betreffenden Stelle der Erdrinde die Auflagerung durch Denudation abgelöst wird, und dass die Denudation eine Zeit lang wirksam ist. Eine concordante Schichtenfuge aber bedeutet nicht eine zeitliche Unterbrechung, sondern nur eine qualitative Veränderung der Bildungsumstände einer Ablagerung, ein Wandern der Facies, eine Umgestaltung der Bedingungen, welche eine Ablagerung bildeten.

Für die Entstehung ungeschichteter Ablagerungen spielt übrigens die Biosphäre eine ganz bedeutungsvolle Rolle. Bekanntlich treffen wir auf dem Festland als ungeschichtetes mächtiges Gebilde den Löss, am Meeresgrunde als ungeschichtete Kalkmassen die Korallenriffe. Bei der Bildung des Lösses ist eine Rasendecke die bestimmende Ursache. Denn nur dadurch, dass eine dichte Grasnarbe Staub auffängt und durch den Staub hindurchwachsend ihren Boden immer mehr erhöht, bildet sich jener ungeschichtete Lehm.

Ganz ähnlich sind die ästigen, durch viele Lücken unterbrochenen Korallen als Ursache der ungeschichteten Kalke zu betrachten. Denn indem der auf dem Riff gebildete zoogene Kalk in alle Lücken zwischen und in den Korallenstöcken sich abgelagert, und indem die Meereswellen nicht im Stande sind, diese Kalksande zu sortiren und geschichtet aufzubereiten, entsteht der ungeschichtete Korallenkalk. In beiden Fällen ist es also eine geschlossene organische Decke, ein Theil der Biosphäre, welche die Ursache ungeschichteter Ablagerungen bildet.

Falls eine Ablagerung aber nicht im Schutze der Biosphäre gebildet wird, dann treten andere Umstände bestimmend ein, und nur unter ganz besonderen durchaus constanten Bedingungen kann dieselbe Wirkung erreicht werden.

So lange die äusseren Umstände einer Ablagerung: wie Klima und Temperatur, Dislocation und Vulkanbildung, Regenmenge und Gefälle der Landschaft, oder am Meeresgrunde: Wassertiefe und Strömungen, Belichtung und Wärme, Wasserbewegung und Organismenwelt sich ganz genau gleich bleiben, so lange entsteht eine so gleichmässig gebildete Ablagerung, dass innerhalb derselben keine Schichtenfugen angelegt werden. Mangel der Schichtung ist also gleichbedeutend mit der Unveränderlichkeit der Bildungsumstände.

Wenn aber die äusseren Verhältnisse, sei es in periodisch wiederkehrendem Wechsel, sei es in kürzeren und längeren Pausen eine Veränderung erleiden, dann verändert sich auch der Charakter der gebildeten Ablagerung und die Möglichkeit für Schichtenbildung ist gegeben. Deshalb sprechen wir einen raschen Gesteinswechsel (sofern es sich nicht um indirekte Schichtung handelt), als ein Zeichen rasch veränderter Bildungsumstände an. Jede direkt entstandene Schichtenfuge entspricht einem Wandern der Facies, und je rascher die Schichtenfugen aufeinanderfolgen, desto häufiger wechselten die Bildungsverhältnisse einer Ablagerung.

9. Mechanische Ablagerungen.

Wir verstehen unter mechanischen Ablagerungen solche, die aus den Bruchstücken eines schon vorher bestehenden Gesteins gebildet wurden. Man nennt sie auch „klastische Gesteine.“

Nothwendige Voraussetzung einer mechanischen Ablagerung ist also die Existenz fester Gesteinsmassen, und wenn in den uns zugänglichen ältesten Theilen der Erdrinde noch Reste der ursprünglichen Erstarrungskruste vorhanden sein sollen, so muss es gelingen, in den auflagernden Schichten die ersten Anfänge mechanischer Gesteinsbildung aufzufinden. Chemisch und vulkanisch gebildete Gesteine hat es schon in den ersten Stadien der Erdgeschichte gegeben, dann erst begann die Bildung mechanischer, zuletzt die Entstehung organischer Ablagerungen.

Eine mechanische Ablagerung ist das Produkt der Denudation; da wir heutzutage denudirende Vorgänge besonders auf dem Festland und an dessen vom Meer überspülten Rändern wirken sehen, so bezeichnet jener Moment der Erdgeschichte, in dem wir die ersten klastischen Gesteine beobachten, zugleich das erste Auftreten festen Landes an der Erdoberfläche, mindestens aber die Existenz flacher Untiefen.

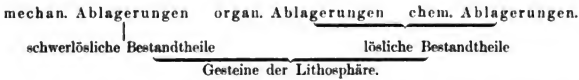
Die Denudation zerfällt in die aufeinanderfolgenden Stadien: der Verwitterung, der Ablation, des Transportes und der Corrasion.

Physikalische und chemische Verwitterung, sowie Corrasion zerkleinern die Oberfläche der festländischen Lithosphäre. Ein Theil der Verwitterungs- und Corrasionsprodukte wird, chemisch gelöst, dem Meere oder abflusslosen Wannen zugeführt. Infolgedessen ist die Summe des bei der Denudation zerstörten Gesteins grösser, als die Masse der dadurch gebildeten mechanischen Ablagerungen.

Die Verwitterung ist über die ganze Erdoberfläche mit wechselnder Intensität, aber annähernd gleichartigem Charakter zu verfolgen, denn überall findet sich chemisch wirksames Wasser, überall kann man Temperaturdifferenzen beobachten.

Während der Verwitterung vollzieht sich eine Auslese in den Mineralien. Die im Wasser löslichen oder leicht zersetzbaren Mineralien gehen in Lösung und bilden dann die chemischen Absätze und organischen Ablagerungen, welche wir in den nächsten Abschnitten betrachten wollen, die schwerlöslichen, schwer zersetzbaren Mineralien bleiben zurück und werden mechanisch weiter bearbeitet.

Wenn wir uns das genetische Verhältniss der verschiedenen Ablagerungen in Gestalt eines Stammbaumes darstellen wollten, so erhalten wir folgendes Bild:



Die vulkanischen Ablagerungen gehören nicht in diese Reihe, da sie mit den Gesteinen des Urgebirges zusammen wohl das Material für mechanische, organische und chemische Ablagerungen liefern, aber doch durch wesentlich verschiedene Vorgänge gebildet werden.

Wir können das Material der mechanischen Ablagerungen demgemäss als die Lösungsrückstände der chemischen Verwitterung betrachten; und daraus folgt, dass umso mehr mechanische Ablagerungen gebildet werden, je schwerlöslicher die vorhandenen Gesteine bei gleicher Intensität der Verwitterung sind, und je mehr die physikalische Verwitterung überwiegt.

Von den gesteinsbildenden Mineralien, und den aus ihrer Zersetzung entstehenden Verbindungen sind Quarz und Thonerde am schwersten löslich, deshalb überwiegen sie in allen mechanischen Ablagerungen. Es kommt dazu, dass in den Urgebirgsarten gerade diese beiden Stoffe am meisten enthalten sind, so dass es uns nicht Wunder nehmen darf, wenn mechanische Ablagerungen so häufig aus Quarzkörnern und Thontheilchen bestehen. Je leichter ein Mineral vom Wasser gelöst wird, desto seltener betheilt es sich an dem Aufbau mechanischer Gesteine. Deshalb finden sich leichtlösliche Mineralien, wie die Chloride, kohlensaurer Kalk und ähnliche, so selten als ursprüngliche Gemengtheile klastischer Felsarten.

Die Regionen der Verwitterung gehören meist dem Festland an; die wasserbedeckten Seeegründe und der Meeresboden zeigen weniger Denudationsflächen. Deshalb beginnt die Bildung einer mechanischen Ablagerung gewöhnlich auf dem Festland, und lässt sich von hier aus nach den Regionen des Absatzes verfolgen.

Die Transportmittel mechanischer Ablagerungen sind Wind, Wasser, Gletscher und Meereswellen. Ihre Thätigkeit ist um so kräftiger, je offener die Lithosphäre denselben zugänglich ist. Unter sonst gleichen Umständen kann also von einem vegetationslosen Gebiet, einer Wüste, einem Hochgebirge, einem Polarland viel mehr Material denudirt werden, als von einer Region, welche durch eine geschlossene Vegetationsdecke geschützt wird. Aber in zweiter Linie ist die Intensität der Denudation direkt abhängig von der Intensität der transportirenden Kräfte. In einem sturmreichen Gebiet wird mehr Material durch Deflation entfernt als in einem Calmengürtel, in einem regenreichem Klima wirkt die Erosion kräftiger als in der Wüste, im Polargebiet ist die Exaration leistungsfähiger als in der gemässigten Zone, und am offenen Strande und im Litoralgebiet, wo die Meereswellen am heftigsten branden, ist die Abrasion wirksamer als in einer geschützten Bucht, oder am Boden des tieferen Meeres.

Allein wir haben gesehen, dass ein Wechsel in der Intensität der Denudation nicht allein durch eine Steigerung der denudirenden Kräfte

herbeigeführt wird, sondern dass das zufällige Auftreten von Dislocationen die Wirkung gleichbleibender Transportkräfte sehr wesentlich steigern kann. In Zeiten wo die Gebirgsbildung sich lebhaft bemerkbar macht, wo ein Tafelgebirge gefaltet, durch Schieferungsklüfte und Lithoklassen geöffnet und den verwitternden Kräften zugänglicher gemacht wird, ist bei gleichbleibender Intensität der Verwitterung und des Transportes, doch die Masse des denudirten Materials grösser, und infolgedessen werden in derselben Zeiteinheit mehr mechanische Ablagerungen gebildet, als sonst.

Auch die Transportkräfte üben eine auslesende, aufbereitende, scheidende Thätigkeit auf die verfrachteten Materialien aus. Derselbe Wind, welcher als Samum in der Wüste von einem zerbröckelnden Granitgebirge Sand und Steinchen, Staub und Glimmerblättchen aufhebt, lässt die schweren Steinchen bald wieder fallen, den Thonstaub und die Glimmerblättchen wirbelt er weit über das Land und die Sandkörner treiben in trägeren Wolken hinterher; so dass der Thonstaub bis in die umgebenden Steppen, ja als Staubnebel sogar weit übers Meer getragen wird, während der zurückbleibende Quarzsand sich innerhalb der Wüste zu hohen Dünenzügen aufthürmt, und nur in einigen Wanderdünen auf benachbartes Gebiet hinüberschreitet.

Im Allgemeinen¹⁾ beobachtet man, dass in Flussläufen die Geschiebe von der Quelle nach der Mündung zu kleiner werden. Diese Verkleinerung ist nicht allein der Abreibung zuzuschreiben, denn es lässt sich am Bett des Rheines direkt beobachten, dass Sand und kleine Geschiebe durch dieselbe Strömung um einige Decimeter vorwärts bewegt werden, während ein dazwischen liegendes grösseres Geschiebe sich gleichzeitig nur einige Centimeter bewegt; es bleibt also gegen die anderen zurück. Eine solche unaufhörlich wiederholte Scheidung muss nothwendig zu einer Eintheilung der Geschiebe nach der Grösse längs des Flusslaufes führen.

Derselbe Fluss also, der hoch oben im Felsenthal grobe Blöcke dahinwälzt und sein Bett mit schweren Rollsteinen säumt, verliert am Rande des Gebirges seine Geschwindigkeit und seine Kraft, er vermag jetzt nur noch kleinere Gerölle zu tragen und hinabzuschieben in die Ebene. Weiterlaufend trägt der Strom, obwohl er an Wassermenge zugenommen hat doch nur noch Sand, und mündet endlich ins Meer indem er ein Delta feinsten Schlammes aufschüttet. Trotz der Zunahme des transportirenden Wassers ist also durch Verminderung des Gefälles eine Abnahme der verfrachtenden Kraft eingetreten.

Das fließende Gletschereis übt keine solche Trennung auf die transportirten Massen aus, und die Stirnmoräne, ja sogar der kalbende Eisberg zeigt noch dieselben schweren und kleinen Felsstücke, untermischt mit Sand und Schlamm, wie die Seitenmoräne oder Grundmoräne an der Stelle, wo die Verfrachtung begann.

Dagegen besitzen die Meereswellen im hohen Masse die Fähigkeit auslesend, schlämmend auf ein Sediment zu wirken. Wir haben schon im vorigen Abschnitt die Entstehung der indirekten Schichtung besprochen. Ganz dasselbe vollzieht sich beständig im Niveau des Strandes und der Schorre. Unaufhörlich spülen die ans Ufer laufenden

1) DAUBRÉE, Experimentalgeologie, übersetzt von Gurlt, S. 192, Anm.

Wellen den feineren, leichteren Thonschlamm aus dem sandigen Sediment, die schwereren Quarzkörnchen bleiben liegen und werden durch die Wellen aus dem Meeresbereich auf den Strand geschoben. Dort trocknet sie die bewegte Luft; der Wind rollt sie landeinwärts und schüttet eine Küstendüne auf, während gleichzeitig der vorher mit dem Sand gemischte Schlamm gegen das offene Meer hinausgetrieben wird und dort im Gebiet der Kontinentalstufe zur Ablagerung gelangt. So wirken die Transportkräfte auslesend auf ihre Sedimente und breiten das vorher durcheinander gemischte Material später nebeneinander aus.

Die Regionen der Auflagerung mechanischer Ablagerungen sind über die ganze Erdoberfläche verbreitet und werden begrenzt durch die Wirkungssphäre der transportirenden Kräfte. Alle die Erscheinungen, klimatischer oder tektonischer Natur, welche die Leistungsfähigkeit der Transportkräfte beeinflussen und verändern, bestimmen in Raum und Zeit die Grenzen mechanischer Ablagerung.

Mechanische Ablagerungen gelangen da zum Absatz, wo die Transportkraft erlahmt. Wenn derselbe Wind, welcher in der gleichen Zeit feinen Thonstaub weiter zu tragen vermag als schweren Quarzsand, in der Zeiteinheit seine Stärke verändert, so werden die Grenzen verschoben, bis zu welchen ein Sediment von bestimmter Korngrösse und Schwere transportirt werden kann. Dasselbe trifft für die Bewegung des erodirenden Wassers zu. Sobald sich die Wassermenge eines Flusses durch klimatische Aenderungen, oder das Gefälle desselben durch tektonische Bewegungen ändert, so verschieben sich sofort die Grenzen bis zu denen grobe oder kleine Geröle, Sand oder Schlamm getragen und abgelagert werden.

Es kann auch vorkommen, dass ein Sediment durch mehrere Transportkräfte verfrachtet wird, dass ein Moränenblock von Wasser zerkleinert und weiter getragen, dann von der Brandung gerollt und vielleicht in kleinen Fragmenten sogar noch vom Winde aufgehoben wird, immer aber wird dann das betreffende Bruchstück da wieder zur Ablagerung kommen, wo die betreffende Transportkraft erlahmte.

Dass mechanische Ablagerungen auf dem Festland in grosser Menge zum Absatz gelangen, das können wir überall beobachten. Auch in Süsswasserseen finden wir bis in die grössten Tiefen ein meist feinschlammiges Sediment, welches von zerkleinerten vorher bestehenden Gesteinen des Festlandes stammt. Auch am Strand und im Gebiet der Flachsee können wir sehen, dass mechanische Ablagerungen weit verbreitet sind. Aber jenseits der Kontinentalstufe, in den Regionen der Tiefsee werden klastische Elemente selten, wenigstens werden wir später noch zu zeigen haben, wie gering der Thongehalt verschiedener Tiefseeeablagerungen ist.

Es hängt diese Erscheinung damit zusammen, dass die Salzlösungen des Seewassers einen überaus raschen Absatz aller mechanisch getragenen Flusstrübe herbeiführen. Während ein Glas mit trübem Rheinwasser monatelang ruhig stehen muss, ehe sich alle Flusstrübe absetzt, fällt aus einer Salzlösung die Trübe in wenig Minuten zu Boden. In manchen Gegenden Amerikas¹⁾ benutzen die Indianer

1) BREWER, Mem. Nat. Acad. of Sciences, Vol. II, 1883, S. 169.

Vergleiche auch:

STERRY HUNT, Proc. Bost. Nat. Hist. Soc. 1875.

Walther, Einleitung in die Geologie.

Alaun, um schlammiges Wasser trinkbar zu machen; weit verbreitet ist der Gebrauch auch in den Lössgegenden von Nordchina. Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Niederschlag um so rascher erfolgt, je stärker die Salzlösung ist. Aber die dazu nöthige Zeit steht in keinem direkten Verhältnis zu der Concentration der Lösung. Wenn man also den Salzgehalt um die Hälfte vermindert, so erfolgt der Niederschlag nicht gerade in der doppelten Zeit. Manche Thone fallen aus Seewasser in 30 Minuten aus, aber wenn man den Salzgehalt noch mehr steigert, so wird die Niederschlagszeit nicht entsprechend verkürzt. Wenn Seewasser nur noch $\frac{1}{10}$ seines Salzgehaltes enthält, so wirkt doch immer noch das Salz klärend.

Nach den Versuchen von MURRAY und IRVINE wird die Hauptmasse der Flusstrübe in derjenigen Zone des Brackwassers niedergeschlagen, wo der Salzgehalt 1,005—1,010 % beträgt. Aber ein kleiner Rest wird selbst in sehr salzreichem Wasser noch suspendirt gehalten, und kann fern von der Küste zum Absatz gelangen.

Auch die Temperatur hat einen merklichen Einfluss auf die im Wasser zurückgehaltene Flusstrübe und auf die Schnelligkeit des Niederschlages. Bei einer Temperatur zwischen 5° C. und 10° C. und einem Salzgehalt des Wassers von 1,027 blieben nach 24 Stunden noch 0,0064 gr pro Liter Thon in Suspension, während unter sonst gleichen Umständen bei 27° C. nur 0,0033 gr in Schwebelieben. Bei einer Temperatur von 5° bis 10° C. blieben nach 106 Stunden noch 0,0018 gr, aber bei einer Temperatur von 27° nur 0,0003 gr nach 120 Stunden.

THOULET¹⁾ hat später diese Versuche fortgesetzt und dabei gefunden, dass die im Wasser enthaltenen Partikeln um so rascher zu Boden fallen, je grösser die Dichte-Differenz zwischen ihnen und dem Wasser ist. Die Geschwindigkeit nimmt ab, wenn eine Temperatur erreicht wird, bei welcher der Ausdehnungscoefficient des Wassers gleich dem der Theilchen ist. Ein Druck von 12 Atmosphären schien ohne Einfluss auf die Schnelligkeit des Absatzes zu sein.

Erst durch die Untersuchungen von BODLAENDER²⁾ ist die seltsame Erscheinung näher aufgeklärt worden. Die in der Zeiteinheit niederfallende Menge Kaolin nimmt ab, je länger die Suspension steht, d. h. je mehr Kaolin bereits ausgefallen ist. Der Grund hierfür scheint darin zu suchen zu sein, dass in der Suspension zweierlei Arten von Partikelchen enthalten sind: kleine Krystallschüppchen, die der bewegten Suspension einen seidenartigen Glanz verleihen, und eine erdige Substanz. Die Schüppchen setzen sich zuerst ab, während die erdige Substanz sehr lange suspendirt bleibt.

Bei gleichmässiger Beschaffenheit der suspendirten Theile nimmt die Geschwindigkeit des Absatzes mit der Zeit weniger ab.

RAMSAY, Quaterly Journal Geol. Soc. 1876, S. 129.

HILGARD, Americ. Journal, 3. S., 1879, S. 206.

RUTOT, Bull. Mus. Roy d'Hist. Nat. de Belgique 1883, II, S. 41.

BREWER, Mem. Nat. Acad. Sc. 1883, II, Nr. 3.

BREWER, Americ. Journal 1885, S. 1.

BARUS, Bull. U. S. Geol. SURVEY, V, 1887, S. 515.

Das. 1890, S. 139.

1) THOULET, Annales des Mines. 1891. Jan. S. 33.

2) BODLAENDER, Neues Jahrbuch für Min. 1893, II, S. 147.

Aus Suspensionen, die Kaolintheilchen verschiedener Grösse, aber in demselben Verhältniss gemischt enthalten, setzt sich das Kaolin proportional der in der Volumeinheit enthaltenen Menge ab.

Temperaturerhöhung beschleunigt die Geschwindigkeit des Absatzens. Bei einer Erhöhung um 38° vermehrte sich der Absatz um 28,5 %. Auf Kaolinsuspensionen wirken klärend alle in wässriger Lösung elektolytischen Leiter. Alle Nichtleiter klären nicht und einige schlechte Leiter bilden den Uebergang zwischen beiden Gruppen.

Bei allen klärenden Stoffen ergibt es sich, dass die klärende Wirkung nicht proportional ist der Menge des Zusatzes. Es gibt also für jeden klärenden Körper einen Schwellenwerth der Concentration, unter welchem er ohne Einfluss auf die Suspension ist, während oberhalb des Schwellenwerthes die klärende Wirkung rasch mit der Concentration zunimmt.

Die im Seewasser vorkommenden Stoffe haben folgende klärende Wirkung:

klärende Substanz:	100 ccm der Suspension enthalten:
Chlornatrium	32,39 mg
Chlorkalium	30,60 "
Magnesiumsulphat	13,35 "
Chlormagnesium	2,71 "
Ammoniak	365,20 "

Wenn nur Wind und Wasser als Transportkräfte der Denudation zur Verfügung ständen, würden mechanische Ablagerungen nur auf dem Festland oder in der nächsten Nähe der Küste gebildet werden können.

Aber es werden durch Eisberge eine grosse Menge klastischer Bestandtheile weit ins Meer hineingetragen, so dass wir die Treibeisgrenze als die Grenze mechanischer Ablagerungen im Meere bezeichnen müssen. Und da die Verbreitung des Treibeises abhängig ist von der Temperatur des Seewassers, so sehen wir, dass die Verbreitung der Sedimente von überwiegend klastischem Charakter am Meeresboden bedingt wird durch den Verlauf gewisser Isothermen an der Meeresoberfläche.

Die Folge der beschriebenen Vorgänge ist es, dass der Kontinentalschlamm, welcher sein Material der festländischen Verwitterung und Corrasion verdankt, nur einen schmalen Gürtel um die heutigen Festländer bildet. An den Küsten der gemässigten Zone und des nördlichen Polarmeeres überwiegt der Blauschlamm¹⁾; in den Tropenmeeren der Rothschlamm und an felsigen Küsten, wo keine grossen Flüsse münden, ist der Grünschlamm weit verbreitet. Der Kalkgehalt des Kontinentalschlammes kann bis zu 35 % betragen, ist er grösser, so bezeichnet man die Ablagerung mit dem Namen der vorwiegenden Kalkreste als Globigerinschlick, Pteropodenschlick u. s. w.

Wenn man Blauschlamm mit Salzsäure behandelt, so bleibt in der Regel 88 % Rückstand ungelöst. Im Allgemeinen sind die Mineralkörner nahe der Küste grösser und nach der Tiefe zu feinkörniger, sofern nicht Eisberge erratisches Material über den Meeresboden austreuten. Der Challenger fand in 32 Fällen nur eckige, in 3 Fällen

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 229 f.

nur gerundete, und in 21 Fällen gerundete und eckige Körnchen im Kontinentalschlamm. Die Grösse der Mineralkörnchen schwankt von 0,06 bis 0,3 mm. Vereinzelte Mineralkörner sind freilich in allen Sedimenten aller Tiefen verbreitet. Der Challenger fand in

Breite°	Länge°	Tiefe	Mineral	Durchmesser	Oberfläche
25° N.	19° W.	3556 m	Quarz	1 mm	
23° N.	32° W.	4937 m	"	1 mm	gerundet
41° N.	63° W.	3693 m	—	1 mm	eckig
33° N.	64° W.	4571 m	—	3 mm	
2° N.	20° W.	4571 m	Feldspath, Augit, Magnetit	0,13 mm	
10° S.	35° W.	2926 mm	—	2 mm	
	am Kapland	36 m	Quarz	10 mm	

Da Quarz nur selten unter den Auswurfsprodukten heutiger Vulkane beobachtet wird, und am Meeresboden kaum gebildet sein dürfte, so sind gerade diese Quarzkörner ein Beweis dafür, wie weit unter Umständen festländische Theile gelangen können.

Unter normalen Umständen ist es selten, Felsstücke in einem Sediment zu finden, welches 100—300 m tief und 50—80 km entfernt vom Festland gebildet worden ist, selbst wenn die Seichtwasserzone nach dem Lande zu in grosser Ausdehnung mit Steinblöcken bedeckt ist.

Aber es ist wohl bekannt, dass festländische Gesteine eingeklemmt in Baumwurzeln, oder eingehüllt in anderes, durch grosse Flüsse dem Meere zugeführtes Material in beträchtliche Entfernung von der Küste verfrachtet werden. Flüsse, welche einen Theil des Jahres Eis führen, gehören auch zu den Transportmitteln für Felsblöcke, allein die beträchtlichste Leistung wird von Eisbergen ausgeführt.

Zwar findet man solche erratische Blöcke auch noch ausserhalb der heutigen Treibeisgrenze, allein es ist Grund zu der Annahme vorhanden, dass dieselbe früher eine andere Verbreitung hatte.

Wenn man die Lage der vom Challenger¹⁾ gefundenen Felsblöcke auf der Karte einträgt, so finden sich dieselben alle innerhalb oder neben der Treibeisgrenze. Die Blöcke sind von allen Grössen, bald kantengerundet bald eckig, und grössere Stücke zeigen oftmals Gletscherschrammen.

Nach MURRAY tragen auch Robben und Pinguine eine grosse Zahl von Steinen und gerundeten Kieseln in ihrem Magen, als sogenannten „Ballast“, in die See. Solche Thiere können also auch Felsstücke in Sedimenten fern von der Küste verbreiten.

Quarz und andere Sandkörner werden an den Küsten von Afrika und Australien weit hinaus ins Meer durch Stürme verfrachtet.

Aus allen dem geht hervor, dass festländische Fragmente in verschiedener Weise über den Meeresboden verbreitet werden. Ihre Verbreitung ist gering an hohen gebirgigen Küsten in tropischen und subtropischen Gegenden, ausgedehnter an der Mündung grosser Flüsse, an Wüstenküsten und in eingeschlossenen Becken, aber am weitesten wird sie nach dem Polarkreise zu, wo Blöcke von allen Dimensionen durch Eisberge und Eisschollen verbreitet werden.

1) MURRAY & RENARD, *Chall. Deep Sea Deposits*, S. 321.

Das durch Verwitterung gebildete, durch Wind und Wasser, Eis und Wellen verfrachtete mechanische Material wird je nach der Kraft der vorhandenen Transportmittel, und nach der Grösse und Schwere der Bruchstücke, mehr oder weniger entfernt von seinem Ursprungsort wieder abgelagert.

Wir bezeichnen als Schlamm, bzw. Staub ein Sediment, dessen Theilchen einen Durchmesser von höchstens 0,05 mm besitzen

feiner Sand ¹⁾	hat einen Korndurchmesser von	0,05—0,25	mm
mittlerer Sand	" " "	0,25—0,5	"
grober Sand	" " "	0,5—1,1	"
sehr grober Sand	" " "	1,1—3	"
Grand	" " "	2—3	"
Kies	" " "	über 3	"

Nach der Oberflächenform der Bestandtheile kann man eckige, entkantete und gerundete Fragmente unterscheiden. Im Allgemeinen spricht die Rundung der Bruchstücke für einen längeren Transport. Allein, bei der Möglichkeit passiven Transportes durch schwimmendes Holz oder Eis über weite Strecken, darf man auf dieses Merkmal nicht allzuviel Gewicht legen.

Aus der Anhäufung von Staub und Schlamm, deren einzelne Fragmente überwiegend kleiner als 0,05 mm sind, entstehen Sedimente, welche wir mit NAUMANN als Pelite bezeichnen.

In der Regel ist die Korngrösse aber verschieden, und kommen gröbere und feinere Theilchen nebeneinander vor.

Gesteine, deren Fragmente überwiegend 0,05—1,1 mm gross sind, nennen wir Psammite.

Gesteine, deren Bruchstücke grösser, aber von eckigem Umriss sind, nennt man Breccien, während Gesteine, die aus Geröllen von gerundeter Oberfläche bestehen, als Konglomerate bezeichnet werden. Es kommt häufig vor, dass in Breccien oder Konglomeraten die einzelnen gröberen Bestandtheile sich nicht berühren, sondern durch überwiegende Grundmasse voneinander getrennt werden. In solchen Fällen handelt es sich entweder um einen Psammit (bzw. Pelit) mit eingestreuten gerundeten (oder eckigen) gröberen Geröllen, oder man bezeichnet das Gestein als ein Konglomerat (Breccie) mit überwiegender psammitischer (pelitischer) Grundmasse.

Mechanische Ablagerungen zeigen alle Typen der Schichtung. Schichtungslose, regelmässig geschichtete, auskeilende, diagonal geschichtete, undeutlich, und unregelmässig geschichtete Ablagerungen kommen darunter vor.

Mangel der Schichtung ist charakteristisch für festländische pelitische Ablagerungen, unter Umständen auch für psammitische Gebilde. Ungeschichtet sind ferner die Konglomerate und Breccien, welche durch Eis transportirt und festländisch abgelagert worden sind.

Angedeutete Schichtung kann bei allen Typen der Gesteinsbildung beobachtet werden.

Regelmässige Schichtung mit horizontalen Fugen entsteht in Wüsten- und Steppenregionen durch Aufbereitung von

1) ORTH, Neues Jahrbuch für Mineralogie 1875, S. 551.

LAUFER & WAHNSCHAFTE, Abh. z. Geol. Spec.-Karte von Preussen 1879, Bd. III, 1., S. 24.

Staub, Sand oder Schotter, im Delta grosser Flüsse und in der Flachsee, ebenso in Binnenseen, oder am Boden der Tiefsee.

Regelmässige Schichtung mit bis zu 30° geneigten Fugen entsteht in psammitischen Dünengesteinen des Festlandes, (am Abhang von festländischen Vulkanen) am Deltakegel von Flüssen, am Abhang der Kontinentalstufe, und den submarinen Böschungen von Inseln.

Auskeilende Schichtung entsteht an den Rändern einer Ablagerung, mag dieselbe auf dem Festland, oder unter Wasser entstanden sein. Sie ist der Ausdruck des heteropischen Verbandes zweier Facies.

Diagonalschichtung entsteht durch wandernde Dünen auf dem Festland. In diesem Fall ist der Neigungswinkel der einen (Luv) Seite $5-10^\circ$, der Winkel der abgewendeten (Lee) Seite ungefähr 30° geneigt. Ebenso entsteht sie in der Flachsee durch Barren oder wandernde Sandbänke. Hier ist der Böschungswinkel gleichmässiger nach allen Seiten. Heftige Winde bezw. heftige Wasserbewegungen von bleibender Richtung sind die Voraussetzung ihrer Bildung.

Unregelmässige Schichtung entsteht am leichtesten in einem, durch wiederholte Stürme und Strömungen von verschiedenem Charakter, durchwühlten flachen Wasserbecken.

Die meisten mechanischen Ablagerungen werden gegenwärtig auf dem Festland gebildet und aufgelagert. Konglomerate können sich auch am Strande bilden, doch findet man sie (Eistransport ausgenommen) niemals in weiter Entfernung von der Küste. Psammite und Pelite sind das vorwiegende Sediment der Kontinentalstufe und finden sich nur vereinzelt, oder gemischt mit pelagischem Material, in tieferen Meerestheilen fern von der Küste.

Wir haben schon früher betont, dass die Mächtigkeit einer Ablagerung keineswegs das blose Resultat eines zeitlich verlaufenden Vorganges ist, sondern, dass eine ganze Anzahl von Faktoren mitwirken um hier in derselben Zeit eine 10 m dicke Ablagerung zu bilden, während wo anders nur 10 cm abgelagert werden. Daher lassen sich verschiedene mechanische Ablagerungen nicht direkt zeitlich vergleichen, um so weniger als die Ursachen, welche die Intensität eines mechanischen Absatzes bedingen theilweise petrographischer, theilweise klimatologischer Natur sind, wozu noch tektonische, topographische und chemische Umstände treten.

10. Chemische Ablagerungen.

Alles Wasser welches wir an der Erdoberfläche finden, enthält geringere oder grössere Mengen gelöster Stoffe, und würde dieselben beständig in Lösung halten, wenn nicht besondere Umstände die Lösungskraft des Wassers zu vermindern geeignet wären. Die heisse Quelle, welche als sprudelnder Geysir zu Tage tritt, kühlt sich ab, das Wasser vermag nicht mehr alle gelöste Kieselsäure zu halten und diese muss zu Boden fallen; eine Meeresbucht wird von dem Ozean abgetrennt, das Seewasser darin kann nicht mehr mit den Fluthen des Weltmeeres diffundiren, und aus dem stagnirenden Wasser fallen unter der Einwirkung der Sonne die gelösten Gypse und Salzmassen aus; ein Wüstenbach, der sich mit chemisch gelösten Stoffen beladen hat, mündet in ein abflussloses Becken, und am Boden desselben bilden sich chemische Ablagerungen.

Während wir die Entstehung einer mechanischen Ablagerung von der Verwitterung bis zur Auflagerung Schritt für Schritt leicht verfolgen können, ist dies bei einer chemischen Ablagerung mit grösseren Schwierigkeiten verbunden. Denn die Entstehung vieler Lösungen im Inneren der Erdrinde entzieht sich vollständig der Beobachtung, und auch der Salzgehalt der verbreitetsten Lösung, nämlich des Meerwassers hat seinen Ursprung theilweise in den Zeiten der Erdgeschichte, die der exakten Untersuchung nicht zugänglich sind. Wir werden also, um uns von diesen Gebieten unkontrollirbarer Hypothesen fernzuhalten, unsere Betrachtungen mit den natürlichen Lösungen beginnen, ihren Transport besprechen und dann diejenigen Veränderungen der Lösungen behandeln, welche einen chemischen Absatz veranlassen. Da auch die später zu betrachtenden organischen Ablagerungen aus Lösungen entstehen, so wollen wir hier als chemische Ablagerungen solche Absätze bezeichnen, die aus wässriger Lösung ohne direkte Vermittlung der Organismenwelt (d. h. nicht innerhalb lebender Gewebe) abgeschieden werden.

Man sollte annehmen, dass eine Substanz um so häufiger als chemische Ablagerung auftreten würde, je leichter sie in Wasser löslich ist. Allein man muss bedenken, dass Ablagerungen nicht nur gebildet, sondern auch erhalten werden müssen, wenn sie sich am Aufbau der Erdrinde betheiligen sollen. Eine Substanz, die sehr leicht im Wasser löslich ist, hat infolgedessen wenig Hoffnung lange erhalten zu bleiben,

mögen die Bedingungen ihrer Bildung auch noch so weit verbreitet sein. Die natürliche Auslese wirkt, wie wir am Schluss dieses Bandes noch ausführlich zu begründen haben, am meisten vernichtend auf chemische Absätze leicht löslicher Verbindungen. Die weite Verbreitung einer bestimmten Lösung garantirt also noch nicht die Häufigkeit der daraus entstehenden Ablagerungen.

Allerdings stehen die chemischen Ablagerungen in sofern in einem bemerkenswerthen Gegensatz zu den früher besprochenen mechanischen Ablagerungen, als meist nur solche Stoffe chemisch abgeschieden werden können, die in Wasser leicht löslich sind, während mechanische Ablagerungen vornehmlich aus den unlöslichen oder schwerlöslichen Verbindungen entstehen.

Der Träger chemischer Lösungen ist das Wasser, und da dasselbe unter dem Einfluss der Schwerkraft beständig nach den tiefsten Gebieten der Erdrinde hinabfließt, so könnte man vermuthen, dass diese Regionen am meisten durch chemische Absätze ausgezeichnet sind, dass im Besonderen der Boden der Tiefsee ein Schauplatz weitverbreiteter chemischer Ablagerungen sein müsse. Allein eine einfache Ueberlegung zeigt, dass es bei der Bildung chemischer Absätze nicht nur auf das Vorhandensein einer Lösung ankommt, sondern dass bestimmte Veränderungen dieser Lösungen eine viel wichtigere Rolle spielen. Gerade das offene Meer mit seinem reichen Gehalt an gelösten Stoffen ist am wenigsten geeignet für die Bildung chemischer Ablagerungen, weil nur selten Theile des Meerwassers so von aller Verbindung mit dem offenen Meer abgeschnitten werden, dass die Diffusion mit demselben unterbrochen wird. Nach den Versuchen von USIGLIO beginnt die erste Abscheidung von Salzspuren aus Seewasser erst dann, wenn es auf die Hälfte seines Volumens eingedampft wurde, eine intensivere Abscheidung aber erst bei einer Concentration auf ein Zehntel der ursprünglichen Wassermenge. Das Seewasser könnte also wesentlich mehr Salze lösen als sein augenblicklicher Salzgehalt beträgt ehe es gesättigt ist und es gehören ganz besondere Umstände dazu, um aus normalem Seewasser Stoffe zur chemischen Abscheidung zu bringen.

Wir haben drei verschiedene Arten von Lösungen weit an der Erdoberfläche verbreitet, erstens die Quell- und Flusswasser, zweitens die Binnenseen, drittens das Meer.

I. Die aus der Atmosphäre ¹⁾ auf die Erdoberfläche gelangenden oder auf dieser sich niederschlagenden Wasser: Nebel, Thau, Regen, Reif, Schnee und Hagel, sind niemals reines Wasser. Sie enthalten die Gase der atmosphärischen Luft, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure gelöst. Mit diesem ihren Inhalt wirken sie auf die Mineralien der Gesteine, nehmen Lösliches auf, betheiligen sich an der Verwitterung, und dringen damit beladen in die Tiefe, steigern dadurch ihre Wirkung auf dort vorhandene lösliche, oder zersetzbare Mineralien und treten endlich als Quelle zu Tage. So lange das Meteorwasser in der Erdrinde circulirt, wirkt es lösend auf die löslichen Bestandtheile derselben. Seine Lösungskraft wird gesteigert durch eine erhöhte Temperatur und durch den Gehalt an gewissen Verbindungen, Säuren und Alkalien. Die Lösungskraft des in der Erdrinde circulirenden Wassers ist auch ab-

1) J. ROTH, Allg. und Chem. Geologie, I, S. 437.

hängig von der mehr oder minder feinen Vertheilung des Lösungsmittels und der Länge der Zeit, während der es auf das Gestein einwirken kann. Je feiner und enger die Spalten sind, auf denen das Wasser die Gesteine durchsickert, desto mehr vermag es in der Zeiteinheit zu lösen. Infolgedessen sehen wir auch, dass das Wasser, welches in weiten Höhlen und Felsenspalten rinnt, im Verhältniss zu seiner Menge eine sehr geringe Lösungskraft besitzt, während das in den Gesteinscapillaren fein vertheilte, sich langsam bewegende Wasser mit einem grossem Gehalt an Gelöstem als Quelle zu Tage tritt. Die Bildung von Höhlen durch Lösung ist zwar in sehr leicht löslichem Steinsalz oder in Gyps denkbar, aber in Kalkgebirgen entstehen durch blosse Lösung wohl nur wenige Höhlen.

Die meisten Quellen enthalten so wenig gelöste Substanzen, dass diese nur unter besonderen Umständen abgelagert werden. Diese Bedingungen sind 1) die sprudelnde Bewegung des Quellwassers. Dadurch entweichen die Gase, welche als Vermittler der Lösung wirkten, und ein Theil des lösenden Wassers verdampft. Der kohlen saure Kalk, welcher nur in kohlen saurem Wasser in grösseren Mengen löslich ist, muss ausfallen, wenn dieses Gas durch die sprudelnde Bewegung der Quelle entweicht. 2) Veranlasst die Abkühlung des Quellwassers den Absatz gelöster Bestandtheile. Das heisse Wasser der Thermen enthält meist eine grössere Menge von Stoffen, als das Wasser kalter Quellen. Indem jene mit der kälteren Luft in Berührung kommen, kühlt sich ihr Wasser ab, die Lösungskraft desselben wird vermindert und es bilden sich chemische Ablagerungen. 3) Wirken Pflanzen und Thiere durch ihren Lebensprocess indirect ausscheidend auf die im Wasser gelösten Substanzen, und es ist vielfach schwer eine scharfe Grenze zwischen den hierbei entstehenden chemischen Absätzen und den eigentlichen organischen Ablagerungen zu ziehen. Im Allgemeinen wollen wir den letzteren Namen auf die innerhalb lebender Gewebe abgeschiedenen Stoffe beschränken.

Während man jede Quelle, die überhaupt gelöste Stoffe enthält, als Mineralquelle bezeichnet und im Besonderen die warmen Quellen Thermen nennt, interessiren uns hier nur diejenigen unter ihnen, welche grössere Mineralmassen abzuscheiden imstande sind.

Als Salzquellen bezeichnen wir diejenigen Quellwasser, deren Hauptbestandtheil aus Chloriden und ähnlichen leicht löslichen Verbindungen wie Alaun, Borax u. s. w. bestehen. Salzquellen entstehen nicht so sehr aus der Auflösung grösserer, geschlossener fossiler Salzlager, wie durch Auslaugung, der im Gestein fein vertheilten löslichen Verbindungen. Und da alle marin entstandenen Gesteine grosse Mengen von Seesalz enthalten, so ist es verständlich, dass dieselben überall zu Salzquellen Anlass geben können. Besonders günstig für die Bildung von Salzquellen sind aber die Wüstenländer, weil es hier so selten regnet, dass jeder Regen grosse Mengen Salz aus den Gesteinen auslaugen kann. Fast alle Wüstenquellen sind salzig und oft ist der Salzgehalt derselben so beträchtlich, dass nicht einmal die Dromedare davon trinken mögen. Aber selbst in der Wüste ist die Concentration des salzigen Quellwassers selten so stark, dass aus demselben Salz an der Quellmündung ausgeschieden wird, und in regenreicherem Klima ist es vollends undenkbar, dass an einer Quelle auf

natürlichem Wege ein Salzlager entstehen kann. Nur in den Tropen kommt es während der Trockenheit vor, dass eine Quelle als Salzbrei zu Tage tritt und eine vorübergehende kleine Salzablagerung bildet. VON DEM BORNE¹⁾ beobachtete solche Erscheinungen („reducirte Quelle“) bei Mandera in Ostafrika, wo ausser dem Salzwasser ein dünner Brei von wahrscheinlich schwefelsaurem Natron und Chlor-natrium aus der Erde quoll.

Eine zweite weitverbreitete Gruppe sind die Kalkquellen, deren Hauptbestandtheil aus kohlensaurem Kalk besteht. Sie eignen sich am besten für die Bildung mächtiger Quellenabsätze, denn der Kalk besitzt eine gewisse „mittlere“ Löslichkeit, die ihn sowohl leicht in Lösung bringt, wie aus Lösungen abgeschieden werden lässt. Bald sehen wir durch Erkalten heisser Kalkquellen gewaltige Kalklager entstehen, bald setzt die sprudelnde Quelle durch Verdunstung Kalk ab, bald vermitteln Algen und Moospolster den Absatz des Travertins. Kalkabsätze bilden sich unter allen Breiten und allen Klimaten, und wachsen oft zu staunenswerther Mächtigkeit an.

Alle oben angeführten Gründe des Absatzes der Kalksalze kann man leicht an Kalkquellen beobachten. Die sprudelnde Bewegung der rinnenden Quelle bedingt es, dass die im Wasser enthaltene Kohlensäure verliert. Infolgedessen verliert das Wasser seine lösende Kraft und lässt Kalk zu Boden fallen. So kleiden die in der Nähe von Jena entspringenden Quellen des Fürstenbrunnens nicht nur ihr Bett mit Kalk aus, sondern überrinden auch alle Steine, Holzstücke und andere Fremdkörper mit Sinterkrusten. Die im Wasser wachsenden Moose und Algen bedürfen zur Assimilation der Kohlensäure, die sie ebenfalls dem Wasser entziehen. Infolgedessen schlägt sich auf den lebenden älteren Moostheilen, Schilfstengeln, Algenrasen, überall Kalk nieder. Die Kalksinterbildung²⁾ wird durch das immerwährende Wachsthum der die Felswände bedeckenden Moose und Gräser ausserordentlich befördert, ja vielleicht möglich gemacht, Gräser bilden die röhrenförmigen und stängeligen Inkrustate. Den thätigsten Antheil an der Sinterbildung nehmen *Hypnum molluscorum* und *Didymodon cappillaceus*, von welchen das erstere einen löcherigen festen Sinter mit glatter übersinterter Oberfläche der Höhlungen bildet, letzteres als einen lockeren und porösen Tuff entstehen lässt.

Selbst in heissen Quellen finden wir Pflanzen bei der Kalkabscheidung thätig. Indem die Oscillarien³⁾ des Karlsbader Sprudels dem an Bikarbonaten reichen, an freier Kohlensäure aber armen Sprudelwasser durch ihren Vegetationsprocess einen Theil seiner Kohlensäure entziehen, um an Stelle desselben Sauerstoff auszuhauchen, so veranlassen sie die Ausfüllung des kohlensauren Kalkes als Aragonitkryställchen.

Weit verbreitet sind fädige Algenpolster in den heissen Quellen des Yellowstoneparkes. Besonders in den buntfarbigen Becken bei Mammuth-Hot-Springs findet die Abscheidung des Kalkes wesentlich unter dem Einfluss von Pflanzen statt und die langfaserigen Kalke,

1) Brief vom 27. XII. 1892.

2) V. SCHAUBROTH, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1851, S. 137.

3) COHN, Abh. Ges. für Vaterl. Cultur. Breslau 1862, S. 66.

welche in dem Kalksinterberg so häufig vorkommen, sind durch Inkrustation lebender Algen entstanden.

In vielen Fällen kann man die Bedeutung der Algen und des Sprudels kaum trennen von dem Einfluss der verminderten Temperatur auf die Abscheidung chemisch gebildeten Kalksinters. An der eben genannten Lokalität beobachtet man in manchen Wasserbecken, dass sich die Oberfläche des Wasserspiegels mit einem dünnen Kalkblättchen bedeckt, das schwerer werdend, leicht zerbricht und an dem Boden des Wasserbeckens einen blättrigen Kalksinter erzeugt. In anderen Becken sieht man aufsteigende Gasblasen sich mit einer zarten Kalkhülle umgeben, die bald zu Boden sinkt und hier ein Haufwerk dünner Kugelfragmente bildet. In der Provinz Constantine¹⁾ sprudeln die Hammam Meskoutin genannten, 97° C. heissen Quellen. Neben der Cascadenbildung, sind hier Sinterkegel häufig, welche sich um eine sprudelnde Quelle gebildet haben. Hunderte solcher, bis 10 m hoher Kalkhügel geben der Gegend einen sehr fremdartigen Charakter. Berühmt sind auch die in Karlsbad gefundenen Erbsensteine, von denen die Meinung weitverbreitet ist, dass sie sich noch gegenwärtig vor den Augen des Beobachters bilden. Aber schon 1781 sagt NIBELACKER²⁾: Was von Karlsbader Sinter in Naturaliencabinetten vorkommt, ist vor undenklichen Jahren erzeugt worden. Weder Erbsenstein noch Rogenstein wird dort gegenwärtig noch gebildet, vielmehr findet nur Inkrustation von Fremdkörpern daselbst statt.

Die Eisenquellen enthalten in kohlensaurer Lösung Eisen- und Mangankarbonat, und liefern Absätze von Eisenoxydhydrat und Manganoxyd. EHRENBERG³⁾ fand in diesen Eisenablagerungen, die als Rasenerz oder Sumpferz weit verbreitet sind, organische Reste, die er als *Gaillonella ferruginea* beschrieb, und denen er eine grosse Rolle bei der Eisenbildung zuwies. Aber nach MOLISCH⁴⁾ ist die systematische Stellung dieser Form sehr räthselhaft und man muss bezweifeln, ob es sich hierbei wirklich um eine Diatomee handelt. Sorgfältigere Untersuchungen hat WINOGRADSKY⁵⁾ angestellt und ist dabei zu folgenden Resultaten gekommen: Fädige Bakterien, welche in normalen Wachstumsverhältnissen rostfarbene Scheiden besitzen, sind weit verbreitet. Die Färbung rührt her von Eisenoxydverbindungen, welche in der Substanz der Gallerte reichlich eingelagert und gleichmässig vertheilt sind. Diese Braunfärbung kommt nur in Eisenoxydhaltigem Wasser durch Oxydation von Eisenoxydul in der Substanz der Fäden selbst zustande. Die, *Leptothrix ochracea* genannte, Bakterie wächst nur bei Zufuhr von Eisenoxydul; das Salz wird von den Zellen begierig aufgenommen, im Protoplasma oxydirt, und das gebildete Eisenoxyd aus den Zellen ausgeschieden. Diese Verbindung ist zunächst löslich und nur der Umstand, dass sie die Zellen umgebende Gallerthülle imprägnirt, bewirkt es, dass eine Anhäufung von Eisenverbindungen um die Zellen stattfindet. MOLISCH

1) BRAUN, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1872, S. 34.

2) v. HOCHSTETTER, Denkschr. Acad. d. Wissensch. Wien 1839, S. 7.

3) EHRENBERG, Poggend. Annalen CXIV, S. 287.

4) MOLISCH, Die Pflanzen in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892, S. 73, Anm.

5) WINOGRADSKY, Botanische Zeitung 1888, S. 260.

hat daraufhin eine grosse Reihe von Raseneisensteinen nach Eisenbakterien durchsucht, dieselben aber nur in 9 % der Fälle gefunden. Wir müssen daher schliessen, dass die Entstehung der Raseneisenerze nicht ursprünglich an die Thätigkeit von Eisenbakterien geknüpft ist, sondern dass dieselbe in der Regel ohne Intervention der genannten Organismen von statten geht, dass sich aber diese unter Umständen an der Entstehung und Zusammensetzung der Sumpferze betheiligen, ja sogar hervorragenden Antheil nehmen können.

Der chemische Absatz von Eisensalzen vollzieht sich leicht am Rande von Aeckern¹⁾ und in Wassertümpeln, deren Sammelbecken aus ockergelbem Thon oder Lehm gebildet wird. Die darin gewachsenen Pflanzen sinken am Ende des Herbst todt zu Boden und beginnen zu verwesen. Hierbei brauchen sie Sauerstoff, den sie theilweise dem Eisenoxyd ihrer lehmigen Grubenwände entziehen. Hierdurch wird dieses letztere in Eisenoxydul umgewandelt, während die Verwesungssubstanzen selbst mittelst des geraubten Sauerstoffs aus ihrem Kohlenstoffgehalt Kohlensäure entwickeln, mit welcher sich das eben entstandene Eisenoxydul zu, im Wasser löslichem doppelkohlen-saurem Eisenoxydul verbindet. Hat sich nun das Wasser bis zu seiner Oberfläche hin mit dem genannten Eisensalz versorgt, dann kommen die, in der obersten Wasserschicht gelösten Theilchen desselben mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung, und werden zuerst zu röthlich-violettem, dann blaugrünem, gelbgrünem und zuletzt gelbem unlöslichem Eisenoxydhydrat verwandelt. Indem sich dieses infolge seiner Unlöslichkeit zu Boden senkt, geht dieser Umwandlungsprocess solange weiter, bis alles Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat umgesetzt ist. Am Boden des Wassers findet man eine gelbe schleimige Ablagerung, welche als Brauneisenerz an der Luft verhärtet.

Auf ähnliche Weise entstehen die Raseneisenerze, Sumpferze oder Limonite, welche häufig einige Procente von Manganoxyd und Phosphorsäure (bei Vorhandensein faulender Thierreste) enthalten.

Die Kieselquellen enthalten gelöste Kieselsäure, und sind in der Regel Thermen, denn nur bei höherer Temperatur vermag das Wasser soviel Kieselsäure zu lösen, dass es dann Absätze bilden kann.

Im Yellowstonepark bedingt:

- 1) der verminderte Druck,
- 2) die Abkühlung des Wassers,
- 3) chemische Reaktion,
- 4) Verdampfung

den Absatz von Kieselsäure. Daneben sind Algenrasen bei der Abscheidung gerade wie in den Kalkthermen thätig. Durch blose Verdampfung bildet sich in 43 Jahren eine 1 mm dicke Kieselschicht, durch die Thätigkeit der Algen wird dieses Verhältniss wesentlich günstiger gestaltet.

Obwohl eine Reihe anderer Mineralien lokal auch durch Quellen abgeschieden werden, so sind doch die bisher betrachteten die wichtigsten Erscheinungen, und die anderen Quellabsätze haben nur eine geringe geologische Bedeutung.

1) SENFT, Fels und Erdboden. München 1876, S. 68.

2) WEED, U. St. Geol. Survey. Annual Report IX, 1889, S. 655.

II. In Binnenseen bilden sich auf chemischem Wege Salzlager und Kalkabsätze. In der Regel werden die aus den Gesteinen ausgelaugten Lösungen durch die Quellen den Flüssen zugeführt und ergossen sich schliesslich mit diesen in den Ocean. Allein es giebt Regionen, die durch Wannenbildung ausgezeichnet und infolgedessen abflusslos sind; andere Gegenden erhalten so wenige Niederschläge und sind so trocken, dass sich überhaupt keine kontinuierlichen beständigen Abflussrinnen bilden und infolgedessen an den tiefsten Stellen, den Sammelbecken der periodischen Wasserläufe, so concentrirte Lösungen entstehen, dass ein chemischer Niederschlag des Salzgehaltes erfolgen muss; dahin gehören besonders die Wüsten.

Am weitesten verbreitet sind in solchen Binnenseen die Chloride; und die sogenannten Salzseen enthalten ¹⁾ als Hauptbestandtheil Chlornatrium, Chlormagnesium, Magnesia und Kalksulphat. In den Bodenabsätzen derselben finden wir diese Stoffe aufgespeichert. Viel sparsamer als die Salzseen sind die Natronseen; in ihnen findet sich stets neben dem Natronkarbonat noch Chlornatrium und Natronsulphat. Noch seltener sind die Boraxseen, in welchen neben Borax stets Chlornatrium enthalten ist.

Am bekanntesten ist das Todte Meer, an dessen Boden sich in 210 m Tiefe ein Sediment fand mit 20 % löslichen Chloriden. Daneben findet sich ein bläulichgrauer Thon mit Gypslinsen. In den Bitterseen, auf dem Isthmus von Sues, fand man vor dem Durchstich des Schiffahrtskanals einen Salzstock von 13 km Länge, 5 km Breite und 13 m Höhe, bestehend aus 6—25 cm dicken Salzschichten, getrennt durch dünne Erdlagen und kleine Gypsrispen. In 1,5 m Tiefe fand man eine 7 cm dicke Schicht von fast reinem, pulverigem Gyps. Steinsalz und Gyps sind also chemische Absätze, die hier am Boden von Binnenseen unter dem Einfluss des Wüstenklimas entstanden sind.

Am Ufer des Natronsees von Tschobur bildet sich während der heissen Jahreszeit ein Sediment, bestehend aus 23 % Natronkarbonat, 51 % Chlornatrium und 16 % Natronsulphat.

In Nevada finden sich Seeabsätze, bestehend aus 11 % Borax mit 50 % Chlornatrium, 20 % Natronsulphat und 18 % Natronsesquikarbonat.

Obwohl in der Gegenwart die chemische Ausscheidung grösserer Kalkmassen am Boden von Binnenseen nicht beschrieben worden ist, so bietet uns doch der Grund des alten Lake Bonneville und Lake Lahontan in Utah und Nevada ein interessantes Beispiel für diesen Vorgang. Als das 300 m tiefe Seebecken dieses Gebietes durch die Sonne eingedampft wurde, bildeten sich an den Flanken, auf klippigen Stellen des Bodens, ja oft sogar an jedem eckigen Stein, Absätze von Kalksinter, die jetzt als 1—30 m dicke Ablagerungen am Boden des alten Seebeckens beobachtet werden. Bald sehen wir runzelige Decken, bald pilzförmige Hügel von abenteuerlichen Formen, bald erfolgte der Niederschlag in regelmässigeren Schichten.

Im Verlauf eines Flusssystemes abwärts von der Quelle bis zur Mündung des Stromes in ein grösseres Sammelbecken, ist die Bildung chemischer Absätze gering, nirgends entstehen ausgedehnte Lager der-

1) J. ROTH, Allg. und Chem. Geologie, I, S. 463.

selben, so lange das lösende Wasser in ruhiger Bewegung thalabwärts rinnt. Auch die Seen, welche in den Lauf der Flusssysteme nicht selten eingeschaltet sind, dienen wohl als Klärungsbecken für die mechanisch transportirte Flusstrübe, aber sie sind kein Ablagerungsort für die chemisch gelösten Stoffe.

III. Die meisten Flüsse münden in das Meer und führen demselben ihre chemischen Bestandtheile zu. Wir haben schon Th. I. S. 57 die seltsame Thatsache besprochen, dass der Salzgehalt des Seewassers keineswegs übereinstimmt mit dem Salzgehalt der einströmenden Flüsse. Schon wiederholt hat man betont, dass das Meeressalz¹⁾ andere Verhältnisse seiner Bestandtheile zeigt, als die gelösten Stoffe der Flüsse, dass daher das Seesalz theilweise als ein Rest des Salzgehaltes im Ocean betrachtet werden müsse.

Nach READE ²⁾ würden die Flüsse der Erde den jetzigen	
Sulphatgehalt des Meeres in	25,000,000 Jahren
den Carbonatgehalt „ „ „	480,000 „
den Chloridgehalt „ „ „	200,000,000 „

erzeugen.

Nach DITTMAR würde der Salzgehalt des Meeres durch die einströmenden Flüsse in 1200 Jahren um 1% vermehrt.

Nach den Versuchen von USIGLIO muss Seewasser auf die Hälfte seines Volumens (53,3 %) eingedampft werden, ehe Spuren der darin gelösten Salze zum Absatz gelangen, und beträchtlichere Mengen von Salzen fallen erst aus, wenn das Volumen auf 19 % eingedampft ist.

Man ersieht daraus, dass im Seewasser eine ganz beträchtliche Menge von Salzen mehr gelöst sein können, und dass die Sättigung desselben im offenen Ocean nirgends auch nur annähernd erreicht wird. Infolgedessen ist es ganz unmöglich, dass in einem Meerestheil, der in offener Circulation mit dem Weltmeer steht, durch direkte Abscheidung chemische Ablagerungen gebildet werden können.

Nur unter zwei Bedingungen ist ein chemischer Niederschlag der Salze aus dem Seewasser möglich: entweder am Rande des Meeres, in periodisch abgeschnittenen Buchten unter dem verdunstenden Einfluss eines heissen Klimas, aber auch nur so lange, als der betreffende Meerestheil vom Meere abgetrennt ist, oder unter dem Einfluss chemischer Reactionen, die den Bestand des Meerwassers verändern und Salze zum Niederschlag bringen können.

Es kann sich wegen der Langsamkeit³⁾ der Diffusion im Meere lokal ein Löslichkeitsmaximum für verschiedene Stoffe ausbilden und deren Abscheidung bedingen; und die Annahme, dass das ganze Meer oder eine Meeresbucht erst das Maximum der Löslichkeit eines Stoffes darbieten müsse, ehe sich derselbe niederschlagen kann, ist nicht gerechtfertigt.

Am Rande des Meeres, in der Litoralzone findet man Buchten, welche nur theilweise abgeschlossen sind. Eine „Barre“⁴⁾ oder Sand-

1) FORBES, Geol. Mag. 1867, S. 438.

HUNT, Quaterl. Journal Geol. Soc. XV, S. 491.

MURRAY, Nature, Okt. 1885, S. 583.

2) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake I, S. 129.

3) PFAFF, Allg. Geologie 1873, S. 52.

4) OCHSENJUS, Zeitschrift für prakt. Geologie 1893, S. 189.

bank, hoch genug um bei Ebbe die Bucht vom Meere abzuschliessen, aber zugleich niedrig genug um der Fluth ein Ueberspülen zu gestatten, ist die nothwendige Voraussetzung dafür, dass während eines Theiles des Tages der Concentrationsgrad des Seewassers gesteigert und chemischer Absatz möglich gemacht wird. Freilich muss betont werden, dass solche Barren am Rande des offenen Oceans nur sehr vereinzelt beobachtet werden, und wegen der Abrasionswirkung auch keineswegs einen längeren Bestand haben können. Und obwohl nach dem Vorgang von OCHSENIUS die Existenz solcher Barrenbuchten in früheren Erdperioden zur Bildung jedes Salzlagers angenommen wird, so muss doch betont werden, dass die ontologische Methode keine Bestätigung der Allgemeingiltigkeit der Barrenwirkung liefert. Mit wenigen Ausnahmen sind derartige Barren am offenen Meere nicht zu beobachten, und wo sie vorkommen, da sind es mehr klimatische als topographische Ursachen, welche die Bildung chemischer Absätze verursachen.

Durch dreijährige Beobachtung¹⁾ fand PFAFF, dass bei einer Regenmenge von 2097 mm in Erlangen zwar 2153 mm Süsswasser verdampften, aber nur 1868 mm Seewasser verdunstete. In dem europäischen Klima, wie in jeder regenreichen Gegend, ist also die Bildung chemischer Absätze durch Verdunstung von Seewasser, selbst bei vollkommenem Abschluss unmöglich. Eine Barre, welche nur einen theilweisen Abschluss herbeiführt, kann also unter den angeführten Verhältnissen nur dann chemische Absätze bilden, wenn die Verdunstung ganz erheblich grösser ist als die Regenmenge. Am Rothen Meer, wo derartige klimatische Voraussetzungen herrschen, sind doch nur ganz kleine Buchten bekannt, in denen Salz abgeschieden wird, und die einzige Stelle, wo auf weitere Erstreckung marine Salze zur Abscheidung gelangen, ist der Runn of Kutsch, den wir in einem späteren Abschnitt kennen lernen werden. Hier ist zwar keine Barre vorhanden, aber die nahe indische Wüste macht ihren Einfluss auf die Höhe der Verdunstung geltend.

Wenn wir somit die Bildung von Salzabsätzen am Rande des Meeres in der Gegenwart für eine überaus vereinzelte und seltene Erscheinung erklären müssen, so ist dafür eine Bildung chemischer Kalkabsätze an einzelnen Litoralgebieten beobachtet worden, welche ein besonderes Interesse beanspruchen darf. Am nördlichen Theil des Rothen Meeres, auf der Rhede von Sues²⁾, an den Küsten der Sinaihalbinsel bei Uadi Deheese³⁾, sodann an den Küsten von Florida⁴⁾ und der Keyinseln, finden sich ausgedehnte Ablagerungen von Oolithsand, dessen Entstehung an jenen Lokalitäten keinem Zweifel unterworfen sein dürfte. Es ist leider noch nicht gelungen die Umstände der Bildung dieser Kalkabsätze zu erkennen, allein dass es sich um einen chemischen Absatz von Kalk aus dem Meerwasser handelt, ist wohl sicher.

1) PFAFF, Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1872, S. 408.

2) J. WALTHER, Abh. d. K. S. Ges. der Wissenschaften Leipzig, XIV, Nr. 10, S. 1888.

A. ROTHFLETZ, Bot. Centralblatt 1892, Nr. 35.

3) J. WALTHER, Abh. Ges. der Wissenschaften, XVI, 1891, S. 528.

4) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 1869, S. 373.

Betrachten wir jetzt die durch chemische Reaktionen gebildeten chemischen Ablagerungen des Meeresgrundes: Mit Rücksicht ¹⁾ auf die chemischen Umsetzungen im Seewasser können wir das heutige Meer in zwei grosse übereinanderliegende Stockwerke eintheilen. Die obere erste Region ist die der Bewegung, darunter liegt die Region der Ruhe. Die Mächtigkeit der bewegten Zone ist nach Ort und Zeit sehr verschieden, jedenfalls ist das ruhige Gebiet der Tiefsee von viel beträchtlicherer Ausdehnung als die bewegte Oberflächenschicht. Wellen und Meeresströmungen bewegen das Wasser nur in den obersten Wasserschichten, und nur hier wird durch dieselben das Seewasser beständig so durcheinander gemischt, dass der Salzgehalt überall gleichmässig ist. Unterhalb einer gewissen Tiefe herrscht absolute Bewegungslosigkeit; wenigstens vollzieht sich hier die Wasserbewegung in unmessbar langsamem Tempo.

Die Meeresoberfläche, welche der Sonnenwärme, den Regengewässern, Wind und Wetter ausgesetzt ist, ist der Schauplatz einer mehr oder weniger heftigen Verdunstung; die dadurch hervorgerufenen Veränderungen der Dichte und der chemischen Beschaffenheit vereinigen sich mit den durch den Wind hervorgerufenen Bewegungen, und rufen Wasserströmungen von verschiedener Richtung hervor, welche sich als Wasserversetzung in der Oberflächenschicht von etwa 900 m geltend machen.

Unterhalb einer gewissen Tiefe, die nach Ort und Zeit grossen Schwankungen unterworfen ist, beginnt das Seewasser zu stagniren. Infolge davon sind die Diffusionsvorgänge überaus langsam, und die chemische Beschaffenheit des Seewassers kann unter dem Einfluss anderer Vorgänge verändert werden, sofern diese Veränderungen nur rascher verlaufen als die lokale Intensität des Diffusionsvorganges beträgt. Am leichtesten sind diese Bedingungen aber in den obersten Sedimentschichten des Meeresbodens erfüllt. Das in dem feinkörnigen Schlamm, Schlick und Thon des Meeresgrundes befindliche Seewasser, das marine Grundwasser, wie wir es nennen wollen, wird durch die vielen Adhäsionsflächen und Reibungswiderstände innerhalb des Sedimentes bei allen Diffusionsbewegungen gehindert; nur überaus langsam kann innerhalb des Sedimentes ein Ausgleich verschiedener dichter Lösungen erfolgen.

Ausserdem ist aber dieses selbe marine Grundwasser der Schauplatz aller Verwesungsvorgänge, welche herabfallende Organismenreste erleiden. Der Meeresschlamm ist fast ausnahmslos so mit organischen Resten durchsetzt, dass die darin vorhandenen Bakterien überall Fäulniss und Verwesung veranlassen. Die bei diesen Umwandlungsvorgängen nöthige Menge von Sauerstoff entziehen die Bakterien theilweise dem Sediment, theilweise dem Grundwasser. So kommt es, dass das marine Grundwasser fast überall eine andere chemische Beschaffenheit besitzt, als das darüberstehende Bodenwasser, obwohl beide nur durch eine dünne Sedimentschicht voneinander getrennt sind.

Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen ²⁾ wurden von P. SCHIRLITZ und mir im Jahre 1885 in Neapel angestellt; vor kurzem

1) THOULET, *Revue Général des Sciences* 1891, Nr. 10, S. 326.

2) J. WALTHER & P. SCHIRLITZ, *Zeitschr. d. d. Geol. Ges.* 1886, S. 334.

haben MURRAY und IRVINE¹⁾ unabhängig von unseren Studien dieselbe Frage zum Gegenstand ausgedehnter Beobachtungen gemacht. Hierbei ergaben sich folgende Resultate:

Das Seewasser ist in dem Sediment am Meeresgrund, besonders im Blauschlamm, oft von anderer Zusammensetzung als das normale darüber stehende Wasser. Wenn dieses „Grundwasser“ durch Diffusion in die normalen Wasserschichten gelangt, können letztere so verändert werden, dass der Brauch, nach dem Chlorgehalt durch Rechnung die anderen Bestandtheile des Seewassers zu bestimmen, nicht überall berechtigt erscheint.

Wo organische Substanz im Seewasser zersetzt wird, findet eine Reduktion der Schwefelsalze der Alkalien und der Alkalischen Erden statt, und die Alkalinität des Seewassers nimmt zu.

Wenn auf diese Weise im marinen Grundwasser ein Theil oder die ganze Menge des Schwefels im Seesalz als Eisensulfid abgesetzt ist, entsteht die charakteristische blaue Farbe des Blauschlammes der Flachsee.

Aber es erfolgt nicht allein diese Desoxydation der Sulphate und der Auszug von Schwefel aus dem Grundwasser, sondern unter günstigen Verhältnissen kann sich dieser Vorgang im Wasser selbst vollziehen. Hierdurch entstehen die Anhäufungen von Schwefelwasserstoff und Sulphiden, die man im Schwarzen Meere beobachtet, da hier nicht genügend Eisen vorhanden ist, um den Schwefel zu binden und da ebenso Sauerstoff mangelt.

Die chemische Reaktion zwischen Seewasser, zersetzter organischer Substanz und dem Eisen mariner Ablagerungen giebt Fingerzeige über die Bildung von Eisensulphid und Glaukonit in manchen geologischen Perioden, und für die blaue Farbe mancher Schiefer und anderer Gesteine.

Wo sich todt organische Substanz in grösserer Menge am Meeresgrunde anhäuft, da können sich vielleicht auch Phosphatgesteine, ölhaltige Schiefer und Petroleum bilden.

Wenn man kohlen-saures Ammoniak zu Seewasser hinzufügt, so erfolgt eine chemische Umsetzung jener Verbindung mit dem im Seewasser enthaltenen schwefelsauren Kalk, indem sich schwefelsaures Ammoniak bildet, und kohlen-saurer Kalk ausgeschieden wird. Nach den von P. SCHIRLITZ angestellten Untersuchungen enthält das Liter Seewasser bei Neapel 2—4,5 mgr NH_3 , so dass die Existenz von Ammoniumcarbonat sehr wahrscheinlich ist. SCHIRLITZ fand ausserdem, dass das in sehr zähen Schlamm enthaltene Seewasser weniger Kalksulphat und Magnesiumsulphat enthält, als das darüber stehende Bodewasser.

In Bodewasser fand sich

CaO 0,64—0,66 ‰

MgO 2,35—2,36 ‰

im Grundwasser:

0,56 ‰

2,18 ‰

Hieraus ergibt sich, dass in der That die Kalk- und Magnesiumsulphate des Seewassers in dem zähen Schlamm eine Verminderung erfahren haben, und dass ein Theil des in diesem Schlamm fein ver-

1) MURRAY & IRVINE, Trans. R. Soc. of Edinburgh 1893, XXXVII, II, Nr. 23, S. 500.

theilten Kalk- und Magnesiakarbonates aus jenen Sulphaten durch kohlen-saures Ammoniak ausgeschieden wurde.

Unter der Einwirkung von dem durch verwesende Organismen gebildeten kohlen-sauren Ammoniak schlägt sich also aus den Sulphaten des Seewassers Carbonat nieder, und auf diesem Wege können sich kalkhaltige Mergel und Thongesteine bilden.

Die Untersuchung recenter Tiefseeablagerungen hat das bemerkenswerthe Resultat ergeben, dass im Uebrigen chemische Absätze am Meeresboden aus dem Meerwasser nur sehr vereinzelt gebildet werden. Die Entstehung der sehr weitverbreiteten Concretionen beruht mehr auf einer Umlagerung der im Sediment enthaltenen Bestandtheile und einer Anreicherung einzelner Stellen mit Eisen oder Mangansalzen, gegenüber der relativen Verminderung des durchschnittlichen Eisengehaltes des Sedimentes.

Nur die Bildung der Glaukonitsande macht es wahrscheinlich, dass es sich hierbei um eine Ausscheidung aus dem Seewasser handelt.

Aus den Thatsachen der geographischen Verbreitung des Glaukonits geht hervor, dass er immer mit terrigenen Sedimenten gemischt ist, und dass er da am leichtesten gebildet wird, wo feine Schlammtheilchen einen beträchtlichen Antheil an dem Sedimente nehmen. Demgemäss ist er seltener in der Seichtwasserzone wo gröbere Sedimente überwiegen, und wo die mechanische Kraft der Wasserbewegung eine beträchtliche ist. Glaukonit wird fast immer begleitet von Quarz, Orthoklas, weissem Glimmer, Plagioklas, Hornblende, Magnetit, Granat, Epidot, Turmalin, Zirkon, Bruchstückchen von Gneiss, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Granit, Diabas etc. Auch organische Substanzen, oft pflanzlicher Natur scheinen fast immer mit ihm gemeinsam aufzutreten. Die Glaukonitkörner enthalten oft Spuren von Kalkphosphat und bilden einen beträchtlichen Theil gewisser Phosphatknollen, so dass phosphorsaurer Kalk als sein constanter Begleiter betrachtet werden darf¹⁾.

Obwohl vulkanische Bruchstücke immer mit Glaukonit zusammen gefunden werden, so zeigt doch das Fehlen des Glaukonites in echten vulkanischen Sedimenten, dass vulkanische Mineralien an seiner Bildung keinen Antheil haben.

Aus der Thatsache, dass dem Glaukonit fast stets Foraminiferen und andere Kalkschalen beigemischt sind und dass derselbe in den Hohlräumen derselben entsteht, könnte man schliessen, dass solche Kalkreste für seine Bildung nothwendig seien. Allein in vielen Korallensanden, Pteropodenschlickten und Globigerinenschlickten findet man keine Spur von Glaukonit; sobald er aber in solchen Sedimenten auftritt, so entdeckt man auch sogleich eine beträchtliche Menge Mineraltheilchen, die aus älteren kontinentalen Gesteinen herkommen. Dasselbe ist der Fall, wenn man Glaukonit in Rothem Thon findet. Bemerkenswerth ist das Fehlen des Glaukonites im Rothschlamm der brasilianischen Küste und des Gelben Meeres. Hier sind alle Bedingungen für Glaukonitbildung vorhanden mit dem einzigen Unterschied, dass hier höher oxydirte Eisenverbindungen im Sediment überwiegen.

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 339.

Nach den chemischen Analysen enthält frischer Glaukonit:

SiO ₂ : 27,7 — 56,6	K ₂ O : 0,9 — 4,2
Al ₂ O ₃ : 8,1 — 13,02	Na ₂ O : 0,2 — 0,9
Fe ₂ O ₃ : 15,6 — 39,9	H ₂ O : 5,5 — 10,8
FeO : 1,1 — 1,9	
MnO : Spuren	
CaO : 1,1 — 1,6	
MgO : 2,4 — 4,6.	

Die Bildung des Glaukonites beginnt als Steinkern in den, mit feinem Schlamm und organischen Resten erfüllten, Hohlräumen kalkiger Schalen und die Anwesenheit von Natron scheint für die Mineralbildung nothwendig zu sein. Nach dem Zerfall der Schale vergrößert sich der Glaukonitkern im Sediment weiter. Körner von grösseren Dimensionen entstehen durch Verschmelzen einzelner kleiner Körner.

Es scheint somit, dass auch die Bildung von Glaukonit ein chemischer Absatz im marinen Grundwasser ist; und es eröffnet sich somit die Aussicht, dass auch noch manche andere Mineralien auf demselben Wege entstehen. Ich möchte in dieser Hinsicht besonders auf die Bildung von Dolomit aufmerksam machen.

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass nur subfossile Korallenkalke als neuere Dolomitbildung bekannt sind, während der Magnesiumgehalt anderer Kalksedimente meist überaus gering ist. Auch die älteren Dolomitgesteine, welche in grösserer Masse am Bau der Erdrinde theilhaftig sind, tragen die deutlichen Merkmale korallogener Entstehung. Es wird unsere Aufgabe sein in dem Abschnitt über Diagenese zu zeigen, dass die Umwandlung von Korallenkalk in dolomitische Gesteine ein Vorgang ist, der sich ebenfalls im marinen Grundwasser vollzieht und der wahrscheinlich durch spezifische Organismen, vielleicht Fäulnisbakterien veranlasst wird.

Werfen wir jetzt einen Rückblick auf die bisher besprochenen Bildungen chemischer Ablagerungen, so müssen wir nochmals betonen, dass die meisten natürlichen Lösungen an der Erdoberfläche so wenig gesättigt sind, dass im gewöhnlichen Lauf der Dinge ein Niederschlag der darin gelösten Substanzen schwer erfolgen kann. Gerade das Seewasser ist eine so wenig concentrirte Lösung, dass dasselbe nur unter ganz besonderen Verhältnissen chemische Ablagerungen liefern kann.

Die chemischen Absätze sind ausserdem in vielen Fällen schwer erhaltungsfähig, und werden ebenso leicht wieder zerstört, wie sie gebildet wurden. Infolgedessen ist es nothwendig: die Bedingungen der definitiven Erhaltung, die Umstände der natürlichen Auslese stets im Auge zu behalten.

Lokal sind die chemischen Ablagerungen von Quellen, lokal die durch Verdampfen abgeschnittener Meeresbuchten entstehenden chemischen Niederschläge.

Regional sind die in abflusslosen Wüsten gebildeten chemischen Absätze, und die im marinen Grundwasser am Meeresboden entstehenden Ablagerungen. Das Auftreten eines weit verbreiteten chemischen Gesteins spricht also für solche Regionen. Die Oberfläche chemischer Absätze ist von sehr wechselnder Form, und infolgedessen sind die

Schichtungsflächen derselben ebenfalls sehr verschiedenartig. Während die Quellabsätze oft eine so unregelmässige Auflagerungsfläche zeigen, dass man die Entstehung unregelmässiger Schichtung bei ihnen leicht versteht, sind die am Boden von Wüstenseen und abgeschnittenen Barrenseen gebildeten Salz- und Gypslager von überaus deutlicher regelmässiger Schichtung.

Auf der Erdoberfläche der Gegenwart beginnt die Bildung eines chemischen Gesteins mit dem Transport in rinnendem Quellwasser oder sogar direkt mit der Auflagerung. Es folgt darauf häufig Diagenese, die wir später noch zu betrachten haben werden.

11. Organische Ablagerungen.

Aus den natürlichen Lösungen, welche auf der Lithosphäre als bewegtes oder stehendes Wasser angetroffen werden, bilden sich nicht nur die im vorigen Abschnitt besprochenen chemischen Niederschläge, sondern auch eine Reihe von Ablagerungen, die wir als organische bezeichnen müssen. Wenn man berücksichtigt, dass bei der Bildung chemischer Ablagerungen die Organismenwelt niederer Pflanzen eine oft recht bemerkenswerthe Rolle spielt, so kann es in manchen Fällen schwer sein, zu entscheiden, welcher von beiden Gruppen ein bestimmtes Gestein zugehört. Allein wir haben schon betont, dass wir als organische Ablagerungen solche Mineralmassen bezeichnen wollen, die im Inneren lebender pflanzlicher oder thierischer Gewebe, als Bestandtheil des lebenden Organismus, abgeschieden und nur durch den Zerfall der umgebenden organischen Gewebe frei werden.

Pflanzen scheiden Cellulose (Kohle), kohlen sauren Kalk, Kieselsäure und Schwefel ab, Thiere kohlen sauren Kalk, Kieselsäure und Phosphate. Die Pflanzen bilden diese Verbindungen aus der Atmosphäre, dem Erdboden, oder dem Wasser, bei den Thieren dagegen scheinen manche Mineralsalze durch die Nahrung aus Pflanzen entnommen zu werden. Leider sind nur wenig diesbezügliche Untersuchungen angestellt.

Ueber thierische Kalkabscheidung hat MOHR¹⁾ folgende Theorie aufgestellt: Das Meerwasser enthält nur geringe Spuren von kohlen saurem Kalk, aber schwefelsauren Kalk in beträchtlicher Menge. Die Schwefelsäure kann nicht ohne Weiteres ausgeschieden werden, weil sonst das Meer eine saure Reaktion annehmen müsste, und weil sich der kohlen saure Kalk darin allmählig wieder in schwefelsauren umsetzen müsste. Es muss deshalb die Schwefelsäure entweder zersetzt werden oder mit einem Körper in Verbindung treten, welcher die saure Wirkung aufhebt. Wir kennen im Leben der Thiere keinen Vorgang, welcher im Stande wäre, freie Schwefelsäure zu zersetzen oder auszuschcheiden. Hier tritt die Pflanze ein. Wir wissen, dass im Leben der Pflanze durch die Wirkung des Lichts Kohlensäure und Schwefelsäure zersetzt werden. Die Kohlensäure legt ihren Kohlenstoff als Kohlehydrat

1) MOHR, Geschichte der Erde, S. 46.

in der Pflanze nieder, der Sauerstoff wird frei und tritt aus; die Schwefelsäure verbindet ihren Schwefelgehalt mit den Elementen des Ammoniaks und mit Kohlenstoff zu schwefelhaltigem Albumin, und der Sauerstoff tritt ebenfalls aus. Der Kalkgehalt des Gypses verbindet sich als Aschenbestandtheil mit dem Gewebe der Pflanze. Indem die Pflanze von dem Thier verzehrt wird, entsteht aus dem Albumin der Pflanze der lebende Körper des Thieres; die Kohlenhydrate werden in der Respiration wieder zu Kohlensäure oxydirt, und diese verbindet sich mit dem in der Pflanze als Aschenbestandtheil enthaltenen Kalk nach Oxydation des organischen Bestandtheiles zu kohlensaurem Kalk, der sich in der Schaale des Thieres mit einer gewissen Menge eines sauerstoffreichen Albumingebildes, Conchiolin, niederlegt. Während das Thier längere Zeit lebt, geniesst es eine grosse Menge Pflanzen; ihren Kalkgehalt legt es gänzlich in der Schaale ab, aber ihren Albumin-gehalt kann es nicht ansammeln, da er durch das Leben wieder verzehrt wird. Daraus erklärt sich, dass das Thier sein Leben ohne eine harte Schaale beginnt, im Verlauf aber immer grössere Mengen Kalk darin ablegt, so dass zuletzt seine Schaale den lebenden Körper um das Vielfache übertrifft.

Das lebende Thier scheidet seinen Schwefelgehalt als Schwefelsäure aus, das absterbende und verfaulende als Schwefelwasserstoff. Allein auf die Dauer kann er mit Sauerstoff nicht bestehen, und geht allmählig wieder in Schwefelsäure über, und diese wird von dem kohlen-sauren Kalk, der durch die Flüsse im gelösten Zustand dem Meere wieder zugeführt wird, gebunden und in Gyps verwandelt. So haben wir für den Gyps einen vollständigen Kreislauf aus Schwefelsäure in Albumin, und daraus wieder in Gyps. —

Von Wichtigkeit ist es, darauf hinzuweisen, dass die Menge der in einer Lösung enthaltenen Salze keinen direkten Einfluss hat auf die Menge der organisch abgeschiedenen Stoffe. Bei chemischen Ablagerungen ist es ja begreiflich, und durch die Beobachtung vielfach belegt, dass ihre Bildung um so rascher und kräftiger erfolgt, je mehr von dem betreffenden Salz in der Lösung enthalten ist. Organische Ablagerungen stehen keineswegs in dieser einfachen Abhängigkeit von ihrer Umgebung.

Im Wasser des Atlantic sind:

0,033—0,043 ‰ kohlenaurer Kalk enthalten;

im Wasser der nördlichen Ostsee sind:

0,029—0,048 ‰ kohlenaurer Kalk gelöst;

trotzdem sind die Kalkthiere der Ostsee dünnschalig und viel kalk-ärmer als dieselben Arten im Atlantik.

Wenn man andererseits erwägt, dass Substanzen, welche im Seewasser selbst mit Hilfe der Spektralanalyse nicht nachzuweisen sind, in den Skeletten von Seepflanzen und Seethieren gefunden werden, wenn wir im Seewasser selbst mit den feinsten Reaktionen Jod und Brom nicht entdecken können, und im Gewebe der Seetange bis zu 2 ‰ dieser Elemente angesammelt sehen, so muss uns der Gegensatz zwischen den Bedingungen, welche einen chemischen und solche, die organische Absätze veranlassen, recht auffällig erscheinen. Die Intensität organischer Ablagerung ist einzig und allein abhängig von bionomischen Ursachen, nicht von der Concentration der zu

Gebote stehenden Lösung. Die so reichlich im Seewasser enthaltenen Chloride werden nicht in Pflanzen und Thieren abgeschieden, während sich die geringen Spuren von Kieselsäure, Jod u. s. w. in lebenden Organismen angehäuft finden.

Chemische Ablagerungen, als solche, sind nur selten einem Transport unterworfen, die Gesteinsbildung beginnt bei ihnen mit der Auflagerung, darauf folgt in der Regel Diagenese. Anders ist es mit den organischen Ablagerungen. Zwar gleichen die durch sessile, benthonische Korallenriffe gebildeten Kalkabsätze sehr den chemischen Niederschlägen, denn sie werden da aufgelagert, wo sie gebildet werden. Anders ist es mit den vagil benthonischen und den planktonischen Organismen, denn ihre Hartgebilde erleiden in der Regel nach dem Tode ihrer Träger einen oft sehr langen Transport, ehe sie zum Absatz gelangen. Eine Globigerine, eine Nautilusschale, Diatomeen, ganze und verwesende Pflanzentheile werden oft lange Zeit hin und her getrieben, ehe sie zur Ablagerung gelangen. Wenn also bei der Beurtheilung eines chemisch gebildeten Gesteins, die Bedingungen des Absatzes und der Auflagerung zusammenfallen, und auch die durch sessil benthonische Pflanzen und Thiere entstehenden Gesteine nach denselben Gesichtspunkten beurtheilt werden dürfen, so giebt es doch eine Reihe von organischen Ablagerungen, bei denen wir: Abscheidung, Ablation, Transport und Auflagerung unterscheiden können, und deren Entstehungsbedingungen daher viel verwickelter sind. Es kommt hinzu, dass viele derartige Bildungen einer sehr beträchtlichen Wiederzerstörung unterworfen sind. Die Kalkarmuth vieler Tiefseeabsätze ist nicht eine Folge davon, dass dort keine Kalkreste aufbereitet werden, sondern dass die dahin transportirten Kalkreste durch das unter hohem Druck stehende Seewasser aufgelöst werden. Es muss also bei der Beurtheilung derartiger transportirter organischer Absätze auf die während des Transportes erfolgende natürliche Auslese Rücksicht genommen werden.

Endlich ist die Summe des in einem bestimmten Sediment vorhandenen, organisch abgeschiedenen Kalkes auch noch davon abhängig, wie intensiv die gleichzeitige Zufuhr mechanischen Materials ist. Ein Kontinentalschlamm und ein dem Rothen Tiefseethon nahestehendes Sediment mögen beide 10% organische Kalkreste enthalten. Dennoch lassen sich beide nicht daraufhin genetisch gleichstellen, denn während das Flachsediment aus 90% terrigenem Material und 10% Kalk gebildet wurde, sind gleichzeitig in der Tiefsee vielleicht 90% Kalk und 10% vulkanische Asche abgesetzt, aber von dem Kalk 89 Theile wieder aufgelöst worden. Das procentuale Verhältniss des Kalkes zu dem in Salzsäure unlöslichen Bestandtheil ist in dem Endprodukt beide Male dasselbe, doch entstanden beide Sedimente unter wesentlich anderen Bedingungen.

Bildungsort und Auflagerungsort fallen bei organischen Ablagerungen nicht nothwendig zusammen, und die Menge der organischen Ablagerung ist oftmals das Resultat der während des Transportes erfolgenden Auslese.

Wenden wir uns jetzt den Organismen zu, welche organische Ablagerungen bilden, so müssen wir zuerst hervorheben, dass zwar viele Pflanzen und Thiere Mineralsalze enthalten, dass aber nur wenige der-

selben eine grössere geologische Bedeutung beanspruchen können. Oxalsaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk ist in den Geweben vieler Landpflanzen verbreitet¹⁾, ohne dass man diesen Salzen eine bemerkenswerthe geologische Rolle zuertheilen könne. Bei Abwesenheit von Kalk kann sich überhaupt keine Pflanze entwickeln. Die Kieselsäure scheint nicht absolut nothwendig für das Gedeihen der Pflanze zu sein, doch ist sie überaus weit im Pflanzenreich verbreitet und spielt insofern eine gewisse geologische Rolle, als verkieselte Pflanzentheile leichter versteinern können. In der Reinasche von

Pflanzen	findet man	0,09 — 15 %	Kieselsäure
Pilzen			
Algen	" "	0,34 — 10 "	" "
Flechten	" "	15 — 70 "	" "
Moosen	" "	12 — 16 "	" "
Farnen	" "	2 — 50 "	" "
Schachtelhalmen	" "	40 — 96 "	" "
Coniferennadeln	" "	5 — 84 "	" "
Coniferenholz	" "	3 — 36 "	" "
Gräsern	" "	7 — 83 "	" "
Dikotyledonen	" "	wenig — 78 "	" "
Baumrinde	" "	4 — 96 "	" "
Laubblättern	" "	1 — 48 "	" "

Die in Landpflanzen auftretenden Kalksalze und Kieselsäureabscheidungen sind nach den Untersuchungen von STAHL²⁾ ein Schutzmittel gegen Thierfrass, und gewinnen dadurch eine grosse Bedeutung für die Pflanzengeographie.

Von geologischer Bedeutung sind als Gesteinsbildner folgende Gruppen zu nennen:

Lebensweise:	Meer:	Süsswasser:	Festland:
I. Kohlensaurer Kalk abscheidend:			
planktonische Pflanzen:	Calcocyteen.....	—	 —
"	Thiere: Foraminiferen.....	—	—
	Pteropoden		
	Heteropoden		
	Crustaceen	Crustaceen	
benthonische Pflanzen:	Florideen.....	Characeen.....	—
		Rivulariaceen.....	—
	Chlorozoosporeen	Kalkalgen.....	—
"	Thiere: Foraminiferen.....	—	 —
	Kalkschwämme	—	—
	Anthozoen	—	—
	Hydroiden	—	—
	Echinodermen	—	—
	Anneliden	—	—
	Brachiopoden	—	—
	Bryozoen	—	—

1) KOHL, Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889, S. 197.

2) E. STAHL, Jen. Zeitschr. für Naturwissenschaft 1888, S. 70.

Lebensweise:	Meer:	Süßwasser:	Festland:
	Crustaceen	Crustaceen	—
	Muscheln	Muscheln	—
	Schnecken	Schnecken	—
nektonische:	Wirbelthiere	Wirbelthiere	Wirbelthiere
II. Kieselsäure ausscheidend:			
planktonische Pflanzen:	Diatomeen	—	 —
"	Dictyochen	—	—
"	Thiere: Radiolarien	—	—
benthonische Pflanzen:	Diatomeen	Diatomeen	—
"	Thiere: Kieselschwämme ..	Kieselschwämme ..	—
III. Kohle bildend:			
	Tange	Algen	Landpflanzen
IV. Schwefel ausscheidend:			
	Schwefelbakterien ..	Schwefelbakterien ..	—
V. Phosphate ausscheidend:			
	Wirbelthiere	Wirbelthiere ..	Wirbelthiere.

I. Betrachten wir jetzt vergleichend-geographisch die Ablagerungen, welche auf organischem Wege entstehen, so muss betont werden, dass der kohlen-saure Kalk am weitesten verbreitet ist. Organisch gebildete Kalklager finden wir auf dem Festland, wie am Boden der Tiefsee, von den in Höhlen erhaltenen Knochenbreccien diluvialer Thiere bis zu den Korallenriffen und den Anhäufungen planktonischer Globigerinen. In dem Rheinwasser des Bodensees leben Kalkalgen geradeso wie in dem Salzsee von Utah, und die planktonischen Coccospähren bilden einen beträchtlichen Theil der feinen Tiefseesedimente. In der diaphanen Region bedecken steinharte Kalkalgenknollen weite Strecken des Meeresgrundes, und finden sich von Novaja Semlja bis nach den Tropenkreisen.

Benthonische Meeresthiere, welche in ihren Geweben Kalk abscheiden und dadurch gegen die Angriffe ihrer Feinde geschützt sind, leben in allen Tiefen und allen Breiten, und nur wo durch einströmendes Süßwasser der Salzgehalt des Meeres vermindert wird, da bilden dieselben auch weniger kalkreiche Panzer. Die Mollusken der Ostsee sind klein und dünnchalig, ihre Gehäuse sind kalkarm, und bestehen oft fast nur aus Conchiolin. Für die Aufbereitung der Kalkschalen abgestorbener Benthosthiere spielen die Raubfische und Raubkrebse am Meeresboden eine bemerkenswerthe Rolle. Sie zerbeißen und zerknacken alle Muschelschalen, Schneckengehäuse, Echinodermenskelette, Krebspanzer, um aus denselben mit ihren Kaufüssen die letzten Reste von Fleisch herauszuholen. Dadurch erzeugen sie einen scharfkantigen Muschelsand, der dann wie eine mechanische Ablagerung in horizontalen Kalksandschichten aufbereitet wird.

Manche¹⁾ Fische nähren sich von Muscheln, Schnecken, Krebsen und Echinodermen, namentlich die, welche zum Aufknacken der Schalen und anderer harter Theile breite Mahlzähne haben, so *Chrysophrys*, *Sphaerodon*, *Crenidens*, *Lethrinus*, *Julis*, *Cheilinus*, *Therapon*, *Diagramma*, *Gerres*.

An²⁾ manchen Lokalitäten des Golfstrombodens finden sich grosse

1) KLUNZINGER, Zeitschr. für Erdkunde. Berlin 1871, S. 60.

2) VERILL, Americ. Journal 1882, II, S. 450.

Anhäufungen tochter Schalen, zerbrochen oder unverletzt. Eine kleine Zahl sind durch Schnecken angebohrt, doch die Mehrzahl ist in dieser Hinsicht unverletzt. Es kann nach VERILL nicht zweifelhaft sein, dass die Mehrzahl derselben den in diesen Gründen so häufigen See- sternern als Futter gedient haben, aus denen er oft ganze Schalen, selbst Pteropoden, entnahm. Manche Fische, wie Stockfisch, Schell- fisch, Rothauge haben die Gewohnheit, ganze Schaalthiere zu verschlucken, und nachdem sie die Weichtheile verdaut haben, die unver- letzten Schalen wieder auszuspeien; solche Fische sind hier häufig. Die zerbrochenen Schalen sind wohl von Krabben und anderen Krebsen erbeutet worden, welche feste Scheeren haben, um die Schalen zu zer- brechen. Die grossen Arten von *Cancer* und *Geryon* und die grösseren Paguriden, die hier häufig sind, haben Kraft genug, um die meisten Muscheln zu zerkleinern. Auch manche Fische zerbrechen die Muscheln, ehe sie dieselben verschlingen, so dass beide, Krebse und Fische, zweifellos mitgeholfen haben um die Kalksande zu erzeugen.

Diesen klastischen Kalkabsätzen gegenüber bilden die benthonisch festgewachsenen Thiere, wie Korallen und Kalkschwämme, Bryozoen und Hydraktinien häufig ungeschichtete Ablagerungen, die als Kalk- inseln zwischen andere Sedimente eingeschaltet sind.

Da die Mehrzahl der Kalke organischen Ursprungs sind, so wird das Problem der Kalkentstehung in der Mehrzahl der Fälle von bio- nomischen, thiergeographischen Gesichtspunkten behandelt werden müssen. Je mehr Kalk irgendwo am Meeresgrund gebildet wurde, desto reicher muss daselbst die marine Thier- und Pflanzenwelt ge- wesen sein, und eine geologische Karte auf der die marinen Kalke mit einer einheitlichen Farbe bezeichnet würden, stellte die Verbrei- tung benthonischer Kalkorganismen im Laufe der Zeiten dar. Dieses Faunen- und Florenoptimum hat sich in der Folge geologischer Peri- oden beständig auf der Erdoberfläche verschoben, die thiergeographische Provinz der Kalkbildner ist nicht immer auf der derselben Stelle ge- blieben, sondern ihre Facies ist häufig gewandert. Die Kalkstöcke der Juraperiode finden wir vielleicht auf den Thonen der Trias liegen, und über den Juramergeln erheben sich wieder die Kalkstöcke der Kreide. Ein solches Profil ist der Ausdruck für das thiergeographische Wandern der Kalkfacies, und es knüpfen sich daran lehrreiche Be- trachtungen über die Veränderungen der physikalischen und biono- mischen Umstände an der Oberfläche der Lithosphäre.

Wir wenden uns jetzt zur Besprechung der einzelnen kalkab- scheidenden Organismen: Die Calcoocyten sind planktonische Meeres- algen von sehr geringen Dimensionen (s. S. 139). Ihre Oberfläche ist besetzt mit Coccolithen und Rhabdolithen, die nach dem Tode der Alge zum Meeresboden hinabsinken, um sich dort an der Bildung von Kalkabsätzen zu beteiligen. *Rhabdosphaera* lebt in den wärmeren Meeren, *Coccosphaera* ist in der gemässigten Zone am meisten ver- breitet, findet sich aber auch ausserhalb derselben. Die planktonischen Foraminiferen (S. 211) umfassen nur 21 Arten, mit 9 Gattungen, doch sind dieselben ungemein weit verbreitet. Die Schalen lebender For- aminiferen bestehen aus reinem kohlensaurem Kalk, und lösen sich ohne Rückstand in Salzsäure. Sie leben an der Meeresfläche in ungeheueren Schaaren, besonders in wärmeren Meeren; ihre Schalen sinken zum

Meeresboden hinab und bilden einen grossen Theil der Tiefseeabsätze. Nach den Versuchen von MURRAY ¹⁾ fallen ihre Schaaalen in 3—6 Tagen 4500 m tief durch das Wasser.

Die Pteropoden sind pelagische Thiere, deren zarte Kalkschaaalen gelegentlich in solchen Mengen am Meeresgrund gefunden werden, dass man das Sediment als Pteropodenschlick bezeichnet hat. Sechs Gattungen mit 35 Arten werden darin gefunden. (S. 507.)

Die Heteropoden leben häufig zwischen den Pteropoden und ihre zarten Schaaalen werden wie jene am Meeresgrund im Sediment gefunden. Es sind die Gattungen *Carinaria*, *Atlanta* und *Oxygyrus* ²⁾.

Ungemein weit verbreitet sind die Crustaceen im Plankton der heutigen Meere, und ihre Schaaalen finden sich häufig in Tiefsee- und Flachseeabsätzen. Die Cirripeden: *Anclasma*, *Conchoderma*, *Cryptolepas*, *Lepas*, *Platylepas*, *Scalpellum*, *Tubicinella* und *Xenobalanus* finden sich als Pseudoplankton und ihre Schaaalen mischen sich Absätzen aller Tiefen bei. Dagegen sind die meisten marinen Ostrakoden (S. 520) echte Planktonformen, die vom Polarmeer bis zum Aequator, und von der Ostsee bis ins offene Meer überall gedeihen. Ihre kleinen Schaaalen findet man in Tiefseeabsätzen. Die Ostracoden sind auch im Süßwasser häufig. FRAAS ³⁾ beobachtete die Bildung von kalkigen Absätzen an der Quelle Ayin Musa bei Sues durch die in grosser Zahl im Wasser derselben lebenden *Cypris delecta*.

Da die meisten marinen Planktonkrebse ungemein zarte Panzer besitzen, ist es begreiflich, dass man ihre Schaaalen selten wohl erhalten findet, und dass der Challenger in Tiefseeabsätzen nur einmal eine zerbrochene Decapdenscheere beobachtete.

Von den benthonischen Pflanzen hätten wir zuerst die Florideen ⁴⁾ zu erwähnen, bei denen die Gattungen: *Peyssonelia*, *Galaxaura*, *Liagora*, *Melobesia*, *Lithophyllum*, *Lithothamnium*, *Amphiroa*, und, *Corallina* Kalk abscheiden. Der Kalk ist bei *Galaxaura* in der Rindenschicht als feinkörnige oder krystallisirte Absonderung vorhanden. Man beobachtet starkglänzende scharfkantige Krystalle oder unregelmässige Rhomboeder. Bei *Liagora* ist der Kalk auf die einzelnen Rindenzellen aufgelagert. *Peyssonelia* und *Corallina* haben das gemein, dass bei ihnen der kohlensaure Kalk die secundäre Verdickungsmasse gewisser Zellen und Gewebe inkrustirt, doch kann man an den Kalkmassen immer die Skulptureigenthümlichkeiten der Zellen wieder erkennen. Die *Melobesia* lagern den Kalk ausser in der Mittellamelle, noch in der secundären Verdickungsmasse ein. Ganz ebenso ist im Allgemeinen die Verkalkung bei *Lithothamnium* und *Lithophyllum*. Bei *Corallina* sind die jüngsten Zellschichten kalkfrei.

Die Analyse ⁵⁾ von I. einem sehr dichten *Lithothamnium* aus dem Golf von Neapel und II. einem sehr lockeren *L. ramulosum* von ebendaher ergab:

1) MURRAY & RENARD, Challenger Deep Sea Deposits, S. 278.

2) Das. S. 224.

3) O. FRAAS, Aus dem Orient, S. 182.

4) KOHL, l. c., S. 147.

5) J. WALTHER, (Analyse von SCHWAGER), Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1885, S. 238.

	I.	II.
CaO	: 48,09	45,88
MgO	: 1,90	3,06
CO ₂	: 39,87	39,41
SiO ₂	: 1,59	1,91
Al ₂ O ₃	: 3,36	3,61
Fe ₂ O ₃	: 0,28	0,41
MnO	: Spuren	Spuren
Org. S. + Wasser	: 5,06	5,57
Die Berechnung ergibt hieraus:		
CaCO ₃	: 85,87	81,93
MgCO ₃	: 3,99	6,42.

Kalkalgen finden sich in allen Meeren vom Strande, wo *Lithothamnium cristatum* auf Felsengrund wächst, bis zu über 200 m Tiefe. Aus der Familie der Chlorozoosporeen sind als Kalkbilder bekannt: *Halimeda*, *Acetabularia*, *Cymopolia*, *Neomeris*. Unter allen Kalkalgen nimmt *Acetabularia* eine überraschende Ausnahmestellung ein, insofern ihre Membran innen fast ausschliesslich von Kalkoxalat, aussen von Kalkkarbonat inkrustirt ist. Bei *Halimeda* setzt sich der Kalk auf den Seitenwänden der Rindenschläuche ab. Bei *Cymopolia* scheidet sich zwischen den vielgliedrigen Wirteln von Seitenzweigen, welche den centralen Algenschlauch besetzen, ein Schleim aus, der sich allmählig so stark mit Kalkkarbonat inkrustirt, dass er steinhart wird, während die Membran selbst kalkfrei bleibt.

Halimeda (S. 107) enthält bis 90 % Kalkkarbonat und ist häufig auf Korallenriffen, oder im Seichtwasser tropischer Meere, wo die im Leben grünen opuntienähnlichen Gewächse durch Stürme herausgerissen werden und in den Conchilienhaufen des Sturmwalles oft häufig sind.

Im Süsswasser sind die Arten der Gattung *Chara* als Kalkbildner bekannt. Sie wachsen in stehendem süssen, oder schwach salzigen Wasser ¹⁾, in der Wüste wie an der Meeresküste. Im Bodensee bedecken sie weite Strecken des Seebodens. Die runden, spiral gestreiften Früchte, die am leichtesten fossil erhaltungsfähig sind, bilden gelegentlich ganze Lager.

Im Bodensee ²⁾ lebt eine *Rivularia calcarea* (*Euactis calcivora*), die dem Wasser Kalkkarbonat entzieht und in ihrem Gewebe abgelagert. Die Alge bildet jedes Jahr eine neue Kalkschicht und überzieht damit die am Seeboden liegenden Fremdkörper. Wo die Lebensbedingungen vorhanden sind, gesellt sich dazu *Jungermannia riparia* var. *submersa* und *Fissidens grandifrons*, die aufsitzend auf dem Thallus der *Rivularia*, an der Verdickung der Kalkrinde Theil nehmen. Diese Kalkrinden sind förmlich durchwühlt von den Bohrgängen verschiedener Thiere, unter denen besonders eine Dipterenlarve dadurch bemerkenswerth ist, dass sie auch Kalkgerölle überzieht, und in diese mäandrische Furchen einätzt (Furchensteine).

In der Hürbe, einem Nebenfluss der Brenz ³⁾ findet man, in 70 cm tiefem Wasser eine 20—40 cm hohe Schicht rundlicher Kalk-

1) LEUNIS-FRANK, Synopsis der Botanik, S. 1584.

2) O. FRAAS, Bericht d. XVIII. Vers. d. oberrh. Geol. Vereins 1885, S. 20.

3) MARIA GRÄFIN VON LINDEN, Bericht der Vers. des oberrh. Geol. Vereins 1890, S. 14.

knollen, welche concentrisch gebaut sind, und aus abwechselnden Schichten von den Gehäusen von Phryganenlarven und Algenrinden bestehen in denen die Gattungen *Chroococcus*, *Oscillaria*, *Achnanthes minutissima*, *Meridion circulare*, *Encyonema*, *Navicula*, *Synedra* nachgewiesen wurden. Die hauptsächlich aus Kalksand gebildeten Larvenhüllen sitzen dicht gedrängt nebeneinander, und werden nach dem Ausschlüpfen ihrer Bewohner unter Mitwirkung der genannten Algen von Kalkabscheidungen überrindet. An einer anderen Stelle hat sich auf dieselbe Weise ein 74 m langes, 1 m hohes und 2,4 m breites organisches Kalklager gebildet.

Während die oben genannten Foraminiferen planktonisch lebten, sind die Mehrzahl der Gattungen Bewohner des Meeresgrundes und finden sich in Menge als benthonische Kalkbilder angehäuft. Am Strande des rothen Meeres auf der Sinaihalbinsel ist *Orbitolites* so häufig, dass gewisse Theile des Sedimentes einem Nummulitenkalk ähneln. *Amphistegina* bildet an anderen Orten $\frac{2}{3}$ des Sedimentes (S. 210). Dabei ist bemerkenswerth, dass *Orbitolites* 12 % kohlensaure Magnesia enthält, während bei *Nubecularia* 26 % beobachtet wurden. Foraminiferenreiche Ablagerungen finden wir vom Strand durch alle Tiefen der Flachsee, und selbst den Tiefseeablagerungen sind viele benthonische Formen beigemischt.

Die lebenden marinen Kalkschwämme enthalten in ihrem Gewebe eine grosse Zahl von Nadeln, die aus kohlensaurem Kalk mit Natrium, Magnesium, Schwefelsäure und Wasser bestehen. Die Angabe von STEINMANN, dass sich solche Nadeln in destillirtem Wasser lösen, wird von anderen Autoren nicht bestätigt. Einwurfsfreie Analysen lassen sich nach VON EBNER wegen der Kleinheit der Nadeln nicht machen.

Bei den marinen Anthozoen sind kalkige Skelette weit verbreitet; ich brauche nur an die Korallenriffe zu erinnern, um die Bedeutung der Anthozoen für die Bildung von Kalklagern zu charakterisieren. Die Riffkorallenskelette¹⁾ bestehen vorwiegend aus kohlensaurem Kalk (s. S. 268), daneben findet man einen geringen Gehalt an phosphorsaurem Kalk, Kieselsäure und Fluorin.

S. P. SHARPLES fand in

	Kohlensauen Kalk	Phosphors. Kalk.	Wasser u. Org. S.
<i>Oculina arbuscula</i>	95,37	0,84	3,79
<i>Manicina areolata</i>	96,54	0,50	2,96
<i>Agaricia agaricites</i>	97,73	0,53	1,64
<i>Siderastraea radians</i>	97,30	0,28	2,42
<i>Madrepora cervicornis</i>	98,07	0,32	1,93
<i>Madrepora palmata</i>	97,19	0,78	2,81

In einer Tiefseekoralle *Pleurocorallium johnsoni* aus 2788 m fand man²⁾

Kohlensauen Kalk	93,39
Kohlensaure Magnesia	6,00
Wasser	0,30
Phosphorsauren Kalk und Eisenoxyd	0,10

1) DANA, Corals and Coral Islands, S. 99.

2) CHALLENGER, Deep Sea Dep., S. 465.

FORCHHAMMER fand 2,1% Magnesia in *Corallium rubrum* und 6,36 in *Isis hippuris*; MOSELEY¹⁾ erwähnt eine Analyse von

Millepora tortuosa mit 94,2 CaCO₃ 1,2 CaP₂O₆ 4,5 H₂O + O.S.

Millepora alcornis „ 97,2 0,2 2,4.

Unter den anderen lebenden Hydroiden ist nur eine *Hydractinia* bekannt, die geringe Kalkabsätze bildet, dagegen spielten die fossilen Stromatoporidae eine wichtige Rolle in den Kalklagern der Vorzeit.

Die Echinodermen bilden theilweise sehr kalkreiche Skelette und nur bei den Holothuriern sind Kalkabscheidungen äusserst gering.

Von Würmern sind als Kalkbildner nur einige Anneliden zu erwähnen. Die Röhren²⁾, welche festsitzende Anneliden bilden, um sich gegen äussere Einflüsse zu schützen, sind von sehr verschiedener Form und Struktur. Die ersten Anfänge der Röhrenbildung findet man in dem Schleimüberzug, den gewisse *Arenicola* abscheiden, wenn sie durch den Schlamm kriechen. *Terebella*, *Clymena* bilden sich eine zerbrechliche Röhre aus grobem Material durch eine Kittsubstanz verfestigt, doch verlassen sie diese Röhren leicht, um sich ein neues Gehäuse zu bilden. Die *Myxicola* haben eine sehr dick schwammige Röhre; die *Chaetoptera* und *Sabella* ein viel festeres Gehäuse von pergamentartiger Consistenz, während endlich die *Serpula* allein eine harte Kalkschale abscheiden. Auf den Riffen von Itaparica³⁾ (Brasilien) sind Wurmröhren sehr häufig, und theilnehmen sich am Aufbau des Rifffes, indem sie zusammen mit Nulliporen die obere Hälfte derselben aufbauen und einen Kalkstein bilden, in dem schliesslich jede Spur der röhrigen Struktur verschwindet. Auch grosse Strecken⁴⁾ der Bermudas sind aus *Serpular*röhren gebildet, und längs der Südküste sind zahlreiche 1/2—6 m grosse Atolls aus Serpulit. Die Würmer leben nur auf der Aussenseite, während die Lagune von toten Röhren umgeben ist. Die Lagune ist 1 m tief und mit feinem Kalksand bedeckt. Während auf den *Fucus*rasen in der Schorre von Helgoland unzählige kleine *Spirorbis* aufgewachsen sind, findet man *Spirorbis nautiloides*⁵⁾ noch 1280 m. tief, zusammen mit *Placostegus tridentatus*.

Die Brachiopoden besitzen meist kalkige Schalen und leben oftmals so gesellig am Meeresgrund, dass sie hier sedimentbildend werden können.

Die zarten Colonien der marinen Bryozoen eignen sich ebenfalls sehr gut für die Bildung von Kalklagern. Nach den Analysen von SCHWAGER⁶⁾ besteht

	<i>Eschara foliacea</i>	<i>Leprotia</i> sp. aus:
CaO :	50,12	47,18
MgO :	1,20	2,22
CO ₂ :	41,06	39,51
SiO ₂ :	0,29	2,39
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ :	0,32	1,47
Org. Subst. + Wasser :	6,88	7,53

1) MOSELEY, Challenger Rep. II, S. 20.

2) MACÉ, Arch. Zool. Experimentale, X, S. IX.

3) R. RATHBURN, Americ. Journal 1879, S. 327.

4) CHALLENGER, Narrative, I, S. 139.

5) MALMGREEN, Zeitschr. für wissensch. Zoologie 1870, S. 458.

6) J. WALTHER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1885, S. 238.

Daraus berechnet:	CaCO ₃ :	89,87	84,25
	MgCO ₃ :	2,51	4,66

Im Golf von Neapel bildet *Eschara* dichte Rasen auf 60 m tief liegenden Klippen. An manchen Stellen bringt das Schleppnetz nur lebende *Eschara cervicornis* herauf, an anderen Orten ist das Netz erfüllt mit abgestorbenen Aesten von *Eschara foliacea*.

Die Krebse leben nicht nur planktonisch sondern auch als Benthos in unzähligen Schaaren am Meeresgrund. Kein Gebiet desselben ist frei von ihnen, auf den Sandflächen der Schorre, an felsigen Klippen, auf Korallenriffen, zwischen Algen und Tangen, auf Schlamm und Sand, überall finden sich diese räuberischen Gesellen. Und doch gehören Krebsreste zu den Seltenheiten in marinen Ablagerungen. Es hängt das damit zusammen, dass die Krebse als Raubthiere und Aasfresser nicht nur die Skelette aller anderen Meeresthiere zerbrechen und zerstören, sondern ebenso die Hartgebilde ihrer eigenen Verwandten. Wo Krebse leben, da ist keine Wahrscheinlichkeit für die Einbettung wohlerhaltener Krebspanzer in marinen Sedimenten. Und wenn also die zerbrochenen Fragmente von Krebspanzern auch den meisten marinen Ablagerungen beigemischt werden, so ist doch nur selten die Möglichkeit gegeben, dass dieselben als solche leicht erkennbar sind. Es kommt dazu, dass von allen Kalkskeletten mariner Thiere, diejenigen der Krebse am wenigsten dicht sind, und infolgedessen am leichtesten durch das Seewasser wieder aufgelöst und zerstört werden.

Grosse Bedeutung als Kalkbilder besitzen die Muscheln; man braucht nur an die Austernbänke zu erinnern, um diese Thatsache zu kennzeichnen. Alle gesellig lebenden Muschelarten bilden ausgedehnte Muschelbänke, und finden sich besonders in den seichteren Gebieten der Flachsee.

Nicht minder wichtig sind die Schnecken, welche zwar als Raubthiere oder Pflanzenfresser weniger gesellig leben, als die schlammfressenden Muscheln, aber doch alle Regionen des Meeres bewohnen und selbst auf dem Festland gelegentlich in grosser Zahl zusammengeschwemmt werden. Die benthonische Schnecke *Vermetus nigricans* ist an der Küste von Florida¹⁾ geradezu riffbildend. Mit ihren kleinen schwärzlichen Röhren wächst sie mehrere Zoll über den Wasserspiegel heraus und bildet in einigen grösseren Buchten ausgedehnte Riffe.

Wenn wir die enorme Zahl der das Meer bewohnenden Fische berücksichtigen, so muss uns die Seltenheit von Fischknochen in Tiefseesedimenten in Erstaunen setzen. Der Challenger²⁾ fand nur in 4 Fällen Fischknochen, während Otolithen selbst im rothen Thon vorkommen. Die Zusammensetzung derselben scheint sie erhaltungsfähiger zu machen:

J. G. Ross fand in einem Otolithen von *Gadus*:

CaO :	53,08
CO ₂ :	43,85
MgO :	2,71
P ₂ O ₅ :	Spuren
Al ₂ O ₃ :	0,22
S ₁ O ₂ :	0,33

100,19

1) DALL, Americ. Journal 1887, II, S. 163.

2) MURRAY & RENARD, Challenger Deep Sea Deposits, S. 267 f.

Fischzähne sind in terrigenen Sedimenten selten, dagegen finden sich Haifischzähne überaus zahlreich in gewissen Tiefseeabsätzen. Jedoch ist, im Gegensatz zu dem Erhaltungszustand von Haizähnen in tertiären Ablagerungen, bei den in der Tiefsee gefundenen, nur der Schmelz vorhanden, während das Vasodentin meist zerstört ist. Solche Zähne fanden sich:

- im Atlantik: *Oxyrhina* in 4450 m,
Lamna in 3380—4450 m;
- im Indik: *Carcharodon* und *Lamna* in 4754 m;
- im Pacifik: in 4297 m: in einem einzigen Netzzug 250 Zähne, darunter 4 *Carcharodon*, 14 *Corax* oder *Carcharias*, 60 *Lamna*, 30 *Oxyrhina*, 15 *Otodus*, 2 *Tetradon*, 4 Otolithen;
- in 4354 m: in einem Netzzug 1500 Haizähne, darunter 15 *Carcharodon* (83 mm breit und 64 mm lang), 200 *Oxyrhina* und *Lamna*, das harte Dentin eines dieser Zähne enthielt 33,6 % Phosphorsäure.

II. Obwohl Organismen mit Kieselsäureskeletten in allen Theilen des Meeres als Plankton und Benthos weit verbreitet sind, so bilden sie doch bei weitem nicht so häufig ausgedehnte Kiesellager. Um den Südpolarkreis schlingt sich ein 500—1000 km breiter Gürtel von Diatomeenschlick, ähnliche Sedimente beobachtet man auf einem kleinen Gebiet östlich von Japan, und Radiolarienschlick bedeckt kleinere oder grössere Areale in den tropischen Regionen des Indik und Pacifik. Kieselschwämme beteiligen sich nur sehr lokal an der Zusammensetzung der Sedimente.

Diatomeen findet man überall als Plankton, an und unter der Oberfläche des Meeres. Es ist fast unmöglich¹⁾, ein feines Netz durch das Wasser zu ziehen, ohne eine Anzahl dieser kleinen Wesen zu fangen. Die Maschenweite des Netzes spielt hierbei eine sehr massgebende Rolle. MURRAY und HAEKEL fischten gleichzeitig an der einen Seite des Schiffes mit einem gröberen, auf der anderen Seite mit einem feinen Netze, und während in jenem nur grössere Krebse gefangen wurden, war in diesem kein einziger Krebs, dagegen war es erfüllt mit einem dicken Brei von Diatomeen. Solche Diatomeenschwärme findet man im Antarctic, in der Sulusee, der Arafurasee, an der Küste von Nordamerika, an den Shetlandinseln, und an der Westküste von Schottland. In den Tropenmeeren leben sie Nachts direkt unter der Meeresoberfläche, am Tage schwimmen sie 18—30 m unterhalb derselben. Getrocknete Diatomeen aus 54° S. Br. ergaben:

Kieselsäure	: 77 %
Thonerde	: 1 %
Org. Substanz	: 16,75 %
Wasser	: 4,87 %

Freilich werden viele Diatomeenpanzer am Meeresgrund wieder aufgelöst und zerstört. Zarte *Chaetoceros* finden sich nie am Meeresboden, *Coscinodiscus* bricht in Stücke, die Anhänge von *Rhizosolenia* trennen sich von dem zarten leicht zerstörbaren Panzer. In den kälteren

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Dep., S. 281.

Meeren sind mehr robuste Formen, in den Tropenmeeren hauptsächlich die zarteren Skelette erhalten.

Weitverbreitet sind Diatomeen auch auf dem Festland. Schon die Verbreitung der marinen Formen nahe der Küste und in brackischem Wasser lässt die Vermuthung aufkommen, dass diese Pflanzengruppe eigentlich dem Geobios angehört und nur durch nachträgliche Einwanderung halobiotisch geworden ist. Alle Süßwasserseen, Sümpfe, Bäche und Flüsse enthalten eine reiche Diatomeenflora und der Schlamm¹⁾ des Hafens von Wismar besteht nach EHRENBURG zu $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ der Masse aus Diatomeen. In der Lüneburger Heide ist ein Diatomeenlager von 10 m Mächtigkeit, das hauptsächlich aus *Synedra ulna* besteht, und sogar der Untergrund von Berlin (Luisenstrasse) ist theilweise aus Diatomeen zusammengesetzt.

Die Dictyochen findet man mit Radiolarien vielfach auch in Tiefseeablagerungen.

Die Radiolarien sind ebenso weit verbreitet wie die Diatomeen. Aber während diese in küstennahen, brackischen Gewässern sich am besten vermehren, bevölkern jene die Regionen des offenen Meeres. Die *Acantharia* mit ihrem aus chitinösen Acanthin bestehenden Skelett, werden nach dem Tod zerstört, auch die *Phacodarien* finden sich seltener in Tiefseeablagerungen als man nach der Verbreitung der lebenden Thiere vermuthen sollte; am besten erhaltungsfähig sind *Nassellaria* und *Spumellaria*. Die *Phacodaria* und viele *Nassellaria* leben in tiefem Wasser, das eine Temperatur von 5° C. besitzt. Wie wir früher (S. 233) erwähnt haben, sind manche Tiefseeablagerungen ungemein reich an Radiolarien, und es ist eine seltsame Thatsache, dass die mikroskopisch kleinen Skelette derselben für sich allein gesteinsbildend auftreten können. Man ist geneigt, daraus den Schluss zu ziehen, dass an jenen Orten, der Absatz von Radiarienskeletten mit einiger Geschwindigkeit geschieht, dass ein Regen zarter Kieselhüllen zum Boden der Tiefsee hinabsinkt, und dass eine 1 cm dicke Schicht derselben zeitlich äquivalent sei, einer gleich dicken Schicht Seesand oder Korallenkalk. Allein, man muss erwägen, dass die aus Radiolarien und Diatomeen gebildeten Absätze deshalb so rein und so reich an organischer Kieselsäure sind, weil so wenig mechanische Sedimente bis in diese Regionen getragen werden. Die gleichzeitig dort abgelagerten planktonischen Kalkschalen werden allmählig wieder aufgelöst, sie sind verschwunden, und nur die schwer löslichen Kiesel-schalen bleiben als Ausleseprodukt übrig.

Die Nadeln der Kieselschwämme bestehen aus Kieselsäure mit einem hohen Gehalt von Wasser.

<i>Poliopogon Amadon</i> ¹⁾	enthält: 7,16 %	Wasser
<i>Pachymatisma johnstonia</i> ²⁾	" 7,16 %	"
<i>Anthastra communis</i>	" 6,6 %	"
<i>Theonella swinhoei</i>	" 6,53 %	"
<i>Vetulina stalactites</i>	" 6,27 %	"
<i>Corallistes masoni</i>	" 6,23 %	"

1) FRANK-LEUNIS, Synopsis der Botanik, III, S. 1640.

2) F. E. SCHULTZE, Chall. Rep. XXI, S. 28.

3) SOLLAS, Chall. Rep. XXV, S. XLVIII.

<i>Siphonidium ramosum</i>	enthält: 6,1 % Wasser
<i>Suberites suberea</i>	" 7,34 % "

THOULET¹⁾ wiess sogar 12,86 bis 13,18 % Wasser in recenten Schwammnadeln nach. Daher muss die Nadelsubstanz als ein opal-ähnliches Kieselsäurehydrat betrachtet werden. Kieselschwammnadeln finden sich in den meisten marinen Sedimenten, doch beträgt ihre Masse gewöhnlich nur 2—3 % derselben.

Die Süsswasserspongien gehören ebenfalls den Kieselschwämmen an, doch spielen sie nur eine untergeordnete Rolle als Gesteinsbildner. Die in festländischen Pflanzen aufgespeicherten Massen von Kieselsäure gewinnen selten eine grössere Bedeutung. Nur in den Stengeln der Bambusarten werden gelegentlich grosse Mengen von Kieselsäure ausgeschieden, die als „Tabaschir“ wohlbekannt sind. Es ist der eingetrocknete Rückstand²⁾, der auf dem Boden der Internodialhöhlen in dünneren Bambusästen stehenden Säfte, und nur der tropischen Sonne scheint es zu gelingen, so ungeheure Wassermengen in kurzer Zeit durch die Pflanzen wandern zu lassen, dass derartige beträchtliche Verdampfungsrückstände übrig bleiben.

III. Während Kalk und Kieselsäure durch organische Thätigkeit vornehmlich auf dem Meeresgrund aufgespeichert werden, bildet sich Kohle fast ausnahmslos auf dem Festland. Die mikroskopischen Planktonpflanzen des Meeres enthalten so wenig Zellstoff, und sind so klein, dass durch sie kein marines Kohlenlager entstehen kann. Das Pseudoplankton des *Sargassum*, das man lange Zeit als Kohlenbildner betrachtet hat, bildet selbst unter den *Sargassowiesen* der marinen Haliptasen keine Anhäufungen von Cellulose, und die benthonischen Pflanzen der Flachsee eignen sich ebenso wenig für diesen Vorgang. Es hängt das mit den Lufträumen zusammen, die alle Benthospflanzen des Meeres in ihren Geweben enthalten. Die Tange, Algen und Seegräser des Meeres würden im Wasser nicht flottiren, würden sich nicht ernähren können, wenn nicht ihre Blätter durch luftegefüllte Hohlräume dauernd nach oben gehalten würden. Diese Eigenthümlichkeit vieler marinen Wasserpflanzen ist aber ein unüberwindliches Hinderniss für ihre Anhäufung am Meeresgrund. Denn sobald eine solche Pflanze durch Stürme losgerissen, sobald ein Blatt derselben durch Pflanzenfresser abgebissen wurde, steigt es sofort zur Meeresoberfläche hinauf und wird schwimmend daselbst erhalten. Infolgedessen verweisen diese Pflanzentheile, werden von den Wellen hin- und hergeworfen, kommen vielleicht nach langer Wanderung in einer Haliptase an, oder werden von den Wellen an den Strand gespült. Braunrothe Tangestreifen säumen die Schorre an den meisten Küsten, aber nur ganz vereinzelt können sie am Meeresboden gefunden werden. Etwas günstiger sind die Wurzelstöcke der Seegräser für die Bildung derartiger submariner Celluloselager. Im Golfe von Neapel ist der grünblaue Schlamm noch in beträchtlicher Entfernung von der Küste ganz durchsetzt mit den verwesenden Wurzelstöcken und Rhizomen von *Posidonia*, welche ja bis in Tiefen von 60 m lebend gefunden wird.

1) THOULET, Comtes Rend. Acad. Paris XCVIII, S. 1001.

2) KOHL, l. c., S. 231.

Aber da die Seegräser meist in ganz seichtem Wasser leben, so spielen sie in der Lithogenie des Meeres nur eine recht untergeordnete Rolle; und können nur in den flachen Theilen der diaphanen Region einen bemerkenswerten Antheil an den dort gebildeten Ablagerungen nehmen.

Wir dürfen jedoch nicht unerwähnt lassen, dass die Reste von Landpflanzen weit hinaus ins Meer getrieben, und den verschiedensten marinen Sedimenten beigemischt werden können. Auf der Leeseite¹⁾ der Westindischen Inseln ist der Meeresgrund bis in über 2800 m übersät mit grossen Massen von Holz, frischen und verwesenden Baumzweigen, Blättern und Früchten in allen Stadien der Zersetzung. Der Mangel geschlossener Lufträume in den Geweben der meisten Landpflanzen erklärt diese seltsame Thatsache leicht.

Von den genannten Ausnahmen abgesehen, ist das Festland die eigentliche Geburtsstätte aller ansehnlichen Kohlenlager. Freilich geht der grösste Theil der durch Landpflanzen gebildeten Cellulose durch Vermodern rasch wieder zu Grunde. Nirgends spielt die Erhaltung der Ablagerung eine grössere Rolle, wie gerade bei den Humuslagern. Das ganze Problem der historischen Verbreitung der Kohlenlager, ihre Häufigkeit in gewissen Formationen, ihre Seltenheit in anderen Etagen, ist nicht so sehr eine Frage der Entstehung, als wie der Erhaltung grösserer Mengen von Cellulose. Wenn man erwägt, wie gering die Humusschicht am Boden unserer Wälder ist, obwohl jedes Jahr eine ansehnliche Schicht dürrer Blätter den Boden überstreut, wenn man hört, wie geringfügig selbst in den pflanzenreichen Dickichten der tropischen Urwälder die dort gebildete kohlenhaltige Erdschicht ist, so versteht man jenen Gegensatz ohne Mühe.

Wir werden in einem späteren Abschnitt das Problem noch besonders behandeln, und müssen uns hier mit diesen kurzen Andeutungen begnügen.

IV. Auch als Producenten von Schwefel sehen wir Organismen in der Gegenwart thätig, und zwar die sogenannten „Schwefelbakterien“. Dieselben²⁾ sind überall in Sümpfen und Tümpfen verbreitet, selbst da, wo man ihr Vorkommen nicht ahnt. Eine namhafte Vermehrung erreichen sie nur in Gewässern, welche eine gewisse Menge von Schwefelwasserstoff gelöst enthalten. Ihr Hauptfundort sind die Schwefelquellen. Da Schwefelwasserstoff durch faulende Pflanzen in sulphathaltigem Wasser leicht entsteht, so hängt ihre Vermehrung von der Thätigkeit anderer Organismen ab, welche ihnen erst passende Lebensbedingungen schaffen müssen. Die Anwesenheit von Gyps im Meerwasser erklärt ihre Häufigkeit in stillen Meerbusen und Buchten wo verschiedenartiger pflanzlicher und thierischer Detritus angehäuft wird, wie es WARMING³⁾ für die dänische Küste geschildert hat. Dort bedecken sie massenhaft faulende *Zostera* und färben das Wasser auf weite Strecken roth. Ueberall ist der Geruch nach Schwefelwasser-

1) AGARSSIZ, Bull. Mus. Comp. Anat. 1892, XXIII, 1., II, S. 12.

2) WINOGRADSKY, Botan. Zeitung 1887, Nr. 31—37 und Beiträge zur Morphol. und Physiol. der Bakterien. Leipzig 1888, I, S. 9.

3) WARMING, Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier. Kjöbenhavn 1876.

stoff zu bemerken. ENGLER¹⁾ hat Schwefelbakterien beschrieben, welche in der Kieler Bucht den „weissen Grund“ bedecken. *Beggiatoa* lebt in stehenden Gewässern und lagert kleine, öltartig aussehende Körnchen von Schwefel in ihrem Inneren ab. *Thiothrix* enthält schwarze Schwefelkörnchen und findet sich besonders in rasch fließendem Schwefelwasser. Andere Gattungen sind: *Thiocystis*, *Thiocapsa*, *Thiosarcina*, *Lamprocystis*, *Thiopedia*, *Amoebobacter*, *Thiothece*, *Thiodictyum*, *Thiopolycoccus*, *Chromatium*, *Rhabdochromatium* und *Thiospirillum*. Alle diese Formen können beträchtliche Mengen von Schwefelschlamm bilden und dadurch zur Entstehung von Schwefellagern beitragen.

V. Zum Schluss hätten wir noch zu erwähnen, dass auch Phosphate durch organische Thätigkeit gebildet werden. Auf regenarmen Inseln häufen sich die Kothmassen von Seevögeln im Laufe der Jahre zu mächtigen Guanolagern an, und am Meeresgrund kann durch die Kothmassen von Meeresfischen ebenfalls eine phosphorhaltige Ablagerung entstehen. In der Regel aber mischen sich diese Exkremente mit den vorhandenen Sedimenten, ohne für sich besondere Gesteinstypen zu bilden, so dass wir die hierauf bezüglichen Thatsachen bei Gelegenheit der marinen Ablagerungen an verschiedenen Orten zu schildern haben werden.

Im rothen Thon	fand man	0,19—2,09 %
„ Radiolarienschlick	„	0,65—1,39 %
„ Globigerinenschlick	„	0,19—2,80 %
„ Pteropodenschlick	„	2,41—2,44 %

phosphorsauren Kalk (während Haizähne 21,63—75 %, Knochen von *Balaenoptera* 68,13 % phosphorsauren Kalk enthielten). Da aber die Exkremente nicht eigentlich im Inneren lebender Gewebe abgeschieden werden, so können wir die Phosphate nur bedingt zu den organisch gebildeten Ablagerungen rechnen.

Die Entstehung mechanischer und chemischer Ablagerungen war abhängig von physikalischen und meteorologischen, theilweise nur von bionomischen Faktoren. Dagegen ist die Bildung organischer Sedimente in der Regel ein physiologisches Problem. Schon aus diesem Grunde ist es schwer, ja vielleicht unmöglich, diese mit jenen Bildungen zeitlich zu vergleichen. Organische Ablagerungen sind bald geschichtet, bald ungeschichtet, und von sehr wechselnder Verbreitung. Während die aus planktonischen Resten gebildeten Kalk- und Kieselgesteine des Meeres auf ungeheure Erstreckung relativ gleichartig sind, wechselt bei den benthonisch gebildeten Gesteinen die Facies auf kurze Erstreckung. Gerade die organischen Kalklager, entstanden aus Muschelbänken, Riffkorallen u. s. w., neigen zur Bildung isolirter Kalklinen und erheben sich oft unvermittelt als heteropische Sedimente inmitten anderer Gesteine.

Bei der Mehrzahl der organischen Ablagerungen spielen in der genetischen Diskussion die Bedingungen der Erhaltung und die natürliche Auslese eine hervorragende Rolle, und erklären manches räthselhafte Auftreten in Raum und Zeit.

1) ENGLER, Ueber die Pilzvegetation des weissen oder todtten Grundes in der Kieler Bucht.

12. Vulkanische Ablagerungen.

In der Regel sind die bisher betrachteten Ablagerungen Denudationsprodukte. Die mechanisch umgearbeiteten Bruchstücke älterer Gesteine, die aus der Auflösung gewisser Mineralien entstandenen Absätze, und die durch die Thätigkeit von Organismen ausgeschiedenen Mineralmassen, sind häufig Theile der äussersten Erdrinde gewesen und durch Verwitterung, Ablation und Transport an ihren Ablagerungsort gelangt. Anders ist es mit der Entstehung der vulkanischen Gesteine. Ihren Ursprung kennen wir nicht; die Länge des Weges, den sie in der Erdrinde beim Empordringen zurückgelegt haben, ist uns unbekannt; und sogar die physikalischen und chemischen Veränderungen, die das eruptive Magma erlitt, ehe es die Erdoberfläche erreicht, sind schwer zu enträthseln. Das vulkanische Material wird erst in dem Moment Gegenstand exakter Untersuchung und einwurfsfreier Beurtheilung, wo es an der Aussenfläche der Lithosphäre erscheint. Von diesem Augenblick an ist es dem Transport unterworfen, bewirkt vielleicht sogar Corrasionserscheinungen, und wird in kleinerer oder grösserer Entfernung von dem Eruptivkanal aufgelagert.

Nur wenn ein Vulkangebiet durch Denudation aufgeschlossen und bis in seine Tiefen abgedeckt worden ist, können wir die Vorgänge beurtheilen, welchen das empordringende vulkanische Gestein innerhalb der Erdrinde unterworfen war.

An der Erdoberfläche treten uns zwei verschiedene Typen vulkanischen Materials entgegen: die Lava und der Tuff. Die Lava ist das erstarrte Magmagestein; der Tuff besteht aus kleinen Lavapartikelchen, meist von schaumiger Consistenz, die als vulkanische Asche emporgeschleudert worden sind. Während die Lava nicht nur an der Erdoberfläche weite Strecken bedeckt, sondern auch im Innern der Erdrinde häufig erstarrt gefunden wird, kommt vulkanischer Tuff nur an der Peripherie der Lithosphäre vor. Niemals finden wir unterirdische Hohlräume ausgefüllt mit Tuff, niemals tritt vulkanische Asche als echtes Ganggestein auf. Wir können daraus schliessen, dass die vulkanische Asche als solche erst in dem Augenblick entsteht, wo das eruptive Material an die Erdoberfläche gelangt.

Die Form der Lavakörper, die wir als erstarrtes Gestein im Innern der Erdrinde beobachten, entspricht der Gestalt der Hohlräume, in denen wir sie finden. Obwohl dieselben eine ungeheure Mannich-

faltigkeit der äusseren Begrenzung erkennen lassen, so kommen doch 5 Haupttypen unter ihnen am häufigsten vor. Als Gang bezeichnen wir die Ausfüllung einer Spalte, die unter einem beliebigen Winkel die vorhandene Gesteinsreihe durchschneidet. Die astförmig sich abzweigenden Nebengänge nennt man Apophysen. Wenn die Spalte sich auf der Schichtenfläche zwischen zwei verschiedenen Gesteinsbänken geöffnet hat, und die darin erstarrte Lavamasse wie eine primäre Decke zwischen die Gesteinsschichten eingeschaltet ist, so bezeichnet man diese Erscheinung als Lagergang. Beobachten wir eine grössere kompakte rundliche Lavamasse im Innern der Erdrinde, so nennen wir sie Batholith oder Stock; wenn aber die Lavamasse annähernd die Form eines Pilzes hat, wenn auf einem verengten Stiel ein brodkolth. Viele Stöcke dürften sich als Lakkolithen herausstellen, wenn es gelingt, ihr Liegendes genauer zu untersuchen.

Man bezeichnet diese, im Innern der Erdrinde erstarrten vulkanischen Ablagerungen als Injektionen¹⁾, wenn sie in vorgebildete Hohlräume, als Intrusionen, wenn sie in selbstgebildete Lücken hineingedrängt würden. (Es mag bemerkt werden, dass das Wort Intrusion früher die Gangausfüllung von oben, Injection die Gangausfüllung von unten bedeutete. s. POULETT SCROPE, *Considerations on Volcanos*, London 1825, S. 100.)

Da die petrographische Beschaffenheit der an die Erdoberfläche gelangenden vulkanischen Massen eine gewisse Rolle spielt für die Oberflächenformen der dadurch gebildeten Gesteine, so müssen wir erwähnen, dass die Lava bisweilen aus einem homogenen Glas besteht, dass aber in der Regel innerhalb dieser Glasmasse entglaste Partien auftreten. Bald sehen wir Schwärme kleinster Kryställchen, Mikrolithen; bald vereinigen diese sich zu etwas grösseren Krystallen und bilden ein felsitisches Gemenge, das erst unter dem Mikroskop seine krystallinische Zusammensetzung deutlich erkennen lässt; oder endlich es bilden sich Krystalle aus, die mit blossen Auge sichtbar sind, und die endlich alle homogene Glasmasse so gründlich aufzehren, dass ein vollkrystallinisches Gestein entsteht.

Auch die mikroskopische Untersuchung der vulkanischen Tuffe lehrt, dass dieselben aus verschieden stark entglasten Aschenbestandtheilen entstehen.

Von zarten glasigen Häuten und Schäumen und den zierlichen hexagonalen, aus Glasfäden bestehenden, Krystallgerüsten, die DANA²⁾ vom Kilauea beschrieben hat, zu dem durch mikroskopische Krystalle³⁾ entglasten Bimstein, und den losen Augit- oder Leucitkrystallen, die wir am Vesuvgipfel auflesen, finden sich alle Uebergänge. Grössere isolirte Lavafetzen, die dem Tuff beigemischt werden, nennt man vulkanische Bomben.

An der Erdoberfläche finden wir drei verschiedene Typen vulkanischer Ablagerungen: Lava, Tuffe und Stratovulkane. Häufig ist nur Lava aus dem Eruptivschlund emporgedrungen; an anderen Orten

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 535.

2) DANA, *Americ. Journal* 1888. S. 224.

3) ZIRKEL, *Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.* 1867, S. 765.

hat die Eruption nur Aschen und Tuffe abgelagert, oder aber es sind beide Elemente mit- und nacheinander aus demselben Kamin herausgekommen und haben sich gemeinsam abgesetzt. Wir werden diese drei Typen der Auflagerung vulkanischer Gesteine gesondert zu betrachten haben.

I. Die Ablagerungen von Lava treten nicht nur im Innern der Erdrinde, sondern auch auf der Erdoberfläche bisweilen für sich allein auf, und bilden entweder um den Eruptivschlund isolirte Quellkuppen, oder fließen, dem Zuge der Schwerkraft folgend, eine Zeit lang über das umgebende Land. Hierbei breiten sie sich auf annähernd ebenem Boden oft zu weiten horizontalen Lavadecken aus, oder strömen, auf geneigtem Gebiet einem schmalen Fluss vergleichbar, als Lavastrom so weit, bis sie erstarren und fest werden. Während des Aufquellens und Fliessens erleidet die Lavamasse mancherlei Umänderungen ihrer Zusammensetzung und ihres Gefüges. Ueberblickt man diejenigen Erscheinungen, welche auf eine Veränderung der noch flüssigen Lava hinweisen, so kann man physikalische und chemische Umwandlungen unterscheiden. Beim Empordringen und Ausfliessen kühlt sich die Lavamasse anfangs nicht nur ab, sondern sie erhält vorübergehend sogar eine höhere Temperatur. Infolgedessen werden vorher gebildete Krystalle wieder angeschmolzen, erhalten unregelmässige, verwischte Umrisse. Andere Krystalle werden zerbrochen und zertrümmert; und wenn unter dem Einfluss der niedrigen Lufttemperatur die ganze Masse erstarrt, dann finden wir neben den veränderten, schon beim Erguss vorhandenen Krystallen, neugebildete Krystalle, meist von kleineren Dimensionen, aber durchaus regelmässig krystallisirt.

Aus der fliessenden Lava entweichen grosse Massen von Dämpfen, die vorher zu den Bestandtheilen des Magmas gehörten. Wasserdampf, Chlorwasserstoff, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Stickstoff und Kohlensäure. Beim Entweichen dieser Gase wird das homogene Gefüge der Lava gelockert, es bilden sich Dampfporen und Blasenräume, deren Form und Anordnung werthvolle Anhaltspunkte für die Richtung der Lavabewegung bietet. Denn dieselben orientiren sich als langgestreckte Hohlräume im Sinne des Fliessens.

Eine, an Ort und Stelle emporgequollene Lavamasse nennt man eine Quellkuppe¹⁾. Dieselbe besteht aus concentrischen Schalen, ähnlich einer Zwiebel. Die Quellkuppe²⁾ wächst durch interne, intrusive Nachschube. Die jüngere Masse ist im Innern, die ältesten Partien mangeln oft auf dem Gipfel der Kuppe, und finden sich an der Basis und an den Flanken als äusserste Hülle. Das gleichzeitig entstandene Schlierenblatt ist auf dem Gipfel der Kuppe dünner, und verdickt sich dagegen nach der Basis zu.

Ein bekanntes Beispiel von Quellkuppen ist der *Mamelon central* auf der Insel Bourbon³⁾, nur soheint hier die Lava zuletzt vom Gipfel der Kuppe nach den Flanken herabgeflossen zu sein, so dass hier die äussersten Theile die jüngsten sind.

1) REYER, Jahrbuch Geol. R.-Anstalt. Wien 1879, S. 467.

2) REYER, Geol. und Geogr. Experimente. Leipzig 1892, II, S. 27.

3) POULETT SCROPE, Considerations on Volcanos 1825, S. 98, Fig. 16 u. 17.

Zahlreiche Quellkuppen scheinen auch in den beiden Trachonen¹⁾ und dem Haurangebirge östlich von Damaskus entstanden zu sein. In der Tenje befinden sich Tausende von häuserhohen runden, vulkanischen Erhebungen, die bei dem regelmässigen Bruch der äusseren Steinschicht, gemauerten und oben zerrissenen Kuppeln sehr ähnlich und zwischen 15 und 30 m hoch sind. Desgleichen finden sich lange, ebenfalls oben aufgerissene Dämme, die gewissen, steinernen Uferbauten an grossen Flüssen gleichen und meist 30 m breit und 100 oder mehr lang sind. Die Beduinen nennen diese vulkanische Formation Chism, womit man im Arabischen ursprünglich jeden Gegenstand bezeichnet, der sich auf eine auffällige Weise über eine Fläche erhebt. Oestlich von der Miftah el Gèle werden diese Erhebungen so zahlreich, und stehen so eng gedrängt aneinander, dass sie dort unter dem Namen Chism el Mákrata ein besonderes vulkanisches Gebiet bilden. Es ist wahrscheinlich, dass sich auch am Meeresgrund unter Wasserbedeckung marine Quellkuppen bilden, doch entzieht sich ihre Form und Ausbildungsweise gewöhnlich der direkten Beobachtung.

Während die Quellkuppen direkt über dem Eruptionskanal aufgelagert werden, findet in der Mehrzahl der Fälle eine Verfrachtung der geschmolzenen Magmamasse statt. Die Lava fliesst in das umgebende Land und bedeckt dasselbe auf weite Erstreckung. Die Grösse des hierbei überflossenen Gebietes hängt natürlich in erster Linie von der Menge der ausquellenden Lava, zweitens von der Zähflüssigkeit derselben, und endlich von der Neigung des Bodens ab.

Je horizontaler das Land ist, desto weitere Flächen können von der Lava überströmt werden, je geneigter der Untergrund ist, desto leichter bilden sich schmale Ströme.

Die Lavadecken sehen wir am besten entwickelt in Dekhan und in Nordamerika. Indem wir mit der Eisenbahn von Bombay nach Madras die Abhänge des Tafellandes von Dekhan ersteigen, befinden wir uns in einer typischen geschichteten Landschaft. Horizontale Bänder lassen sich verfolgen, so weit unser Auge reicht, jede Bergwand, jeder Hügel besteht aus regelmässig horizontal geschichteten Bänken. Sogar die Waldpartien bilden horizontale Streifen und lassen den geschichteten Charakter der Landschaft nur umso deutlicher hervortreten. Und doch bestehen alle diese Schichten aus Basaltdecken von 10—50 m Mächtigkeit, oft in regelmässige Säulen zersprungen, mit zonar angeordneten Drusen und Blasenräumen, nur unterbrochen von gelben oder rothen Tuffschichten, in denen auf der Insel Bombay Amphibienknochen, Blätter und andere festländische Reste gefunden wurden.

Ganz ähnliche Lavadecken werden aus dem Nordamerikanischen Westen beschrieben²⁾ Nordkalifornien, N. W. Nevada, Oregon, Washington, Idaho bis Montana nach Osten und Br. Columbia nach Norden, also ungefähr ein Gebiet von der Grösse Frankreichs, wird von horizontalen Lavadecken überlagert. Sie drangen im Cascadegebirge und den Blue Mountains hervor und erreichen dort eine Mächtigkeit von 1200 m, während sie eine mittlere Mächtigkeit von 600 m besitzen.

1) WETZSTEIN, Zeitschr. für Allg. Erdkunde. Berlin 1859, S. 121.

2) LE CONTE, Americ. Journal 1874, S. 170.

Die Ursache der horizontalen Schichtung von Lavadecken ist einerseits die Dünflüssigkeit des Magma, andererseits die Horizontalität des Untergrundes.

Auf geneigter Unterlage breitet sich die Lava nicht so weit aus, sondern fließt als ein relativ schmaler Lavaström bergabwärts. Obwohl Lavaströme einen wichtigen Antheil am Aufbau der Stratovulkane nehmen, so kommen sie doch oftmals auch ohne Tufflager vor, und müssen daher gesonderte behandelt werden.

Lavaströme erstarren auf sehr verschiedenen geneigter Unterlage. Während nach den Messungen von E. DE BEAUMONT¹⁾ ein Lavaström, dessen Neigung mehr als 6° beträgt, keine zusammenhängende Masse mehr bilden soll, fand LYELL auf Madera und Palma andere Lavaströme 15–20° geneigt, HARTUNG beobachtete Ströme von 30° Neigung auf Lanzarote, am Etna finden sie sich bei Bastion del Tocco von 26°, bei der Cavagrande von 47°, am Salto del Giumento sogar bis 50° in ursprünglicher Neigung.

Nach den Beobachtungen von SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN²⁾ besitzen die meisten Ströme nur eine Neigung von wenigen Graden, und steilere Böschungen, wie z. B. der Strom von 1852, der 30° erreicht, gehören zu den Ausnahmen.

Die Volumina der Ströme sind ungemein wechselnd. Am Aetna hat man berechnet, dass

die Lava von	1874 ein	Volumen von	1 Millionen	Kubikmeter
" " "	1869	" " "	7	" "
" " "	1879	" " "	56	" "
" " "	1865	" " "	92	" "
" " "	1852	" " "	420	" "
" " "	1669	" " "	980	" "
" " "	Zingari	" " "	1000	" "

besitzt.

Die Länge eines Lavaströmes auf Hawaii beträgt 100 km, und auch Breite und Höhe der Lavaströme kann beträchtliche Dimensionen erreichen.

Mit HEIM³⁾ unterscheiden wir zwei Haupttypen der Lavaströme. Die Schollenlava ist auf ihrer Oberfläche mit Blöcken und Bruchstücken bedeckt, sie fließt und erstarrt rasch unter massenhaftem Entweichen von Dämpfen. Die Fladenlava hat eine mehr homogene Oberfläche; oftmals scheint sie wie mit gedrehten Tauen bedeckt, eine Folge der Zusammenschiebung der Oberflächenhaut. Sie erstarrt, indem sie ohne nennbare Dampfentwicklung vom flüssigen durch den zähflüssigen, allmählig in den festen Zustand übergeht. Am Vesuv ist die Schollenlava häufiger, am Aetna halten die Laven meist eine Mittelform ein. Hier kann man ausserdem leicht beobachten, dass derselbe Strom⁴⁾ von 1669 auf geneigter Unterlage als Blocklava, auf ebener Fläche aber als Fladenlava ausgebildet erscheint.

1) Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1857, S. 200.

2) Der Aetna 1880, II, S. 393.

3) HEIM, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1873, S. 37.

4) SARTORIUS, Aetna, II, S. 396.

Sowohl an seiner Unterseite¹⁾, wie an seiner Oberfläche begleiten einen Lavastrom mechanische Erscheinungen des Transportes, nicht unähnlich denen, die ein Gletscher hervorbringt. Wo der Lavastrom über lose Gesteine hinfließt, schiebt er diese vor sich her, umhüllt sie und bildet ein „Reibungsconglomerat“. In gleicher Weise trägt die Oberfläche Blöcke, und auf ihr niedergefallene Gesteinstrümmen fort, schiebt sie sowohl nach beiden Seiten als Randmoränen zusammen und häuft vor den Strom ein, der Stirnmoräne eines Gletschers vergleichbares, Haufwerk von Blöcken auf. Und wie beim Gletscher die Bewegung der Masse eine ungleichmässige ist, in der Mitte schneller, am Rande aber langsamer, so fließt auch der Lavastrom. Es bilden sich dabei nach vorn gebogene Risse und Runzeln auf der Oberfläche der Lava.

Indem die Lava²⁾ sich während des Fortfließens an den Seiten und an der Oberfläche abkühlt, bildet sich ein Kanal, der sich immer erhöht, weil das geschmolzene Material auch unterhalb des Feuerstromes erstarrt, welcher die auf der Oberfläche schwimmenden Schlacken rechts und links gleichmässig hinunterwirft, wodurch sich denn nach und nach ein Damm erhöht, auf welchem der Gluthstrom ruhig fortfließt wie ein Mühlbach.

Eine andere, schon von älteren Beobachtern gewürdigte Thatsache ist es, dass der Lavastrom beim Vorschreiten seinen eigenen Weg pflastert. Die centralen Theile³⁾ des fließenden Stromes bleiben länger flüssig, die peripheren Theile erkalten rascher. Da aber eine Uebergangszone halberstarrter Lava beide verbindet, so bleiben sie in einem gewissen Zusammenhang, und beim Fortschreiten wälzt sich der Strom über seine eigene Rinde. Dadurch gelangen die ursprünglich hangenden Theile des Stromes an die Stromstirne, und endlich beim Weiterfortschreiten werden sie liegend und bilden die Basis mit der ein Strom auf seinem Untergrund aufliegt.

Wenn nun der Nachfluss von Lava aus der Eruptivspalte sein Ende erreicht hat, so fließt das Stromende gewöhnlich dennoch ruhig weiter. Die erstarrten Rindentheile des Stromkörpers bleiben stehen, das noch flüssige Innere aber dringt vorwärts. Hierdurch entstehen die sogenannten „Lavakeller“, d. h. Ströme, die nur aus der erstarrten Rinde bestehen, während das flüssige Innere herausgelaufen ist. Ist der ganze Lavastrom endlich völlig erkaltet, und zum Stillstand gekommen, so besteht er aus 2 verschiedenen Theilen. Der dem Vulkanspalt nähere Theil ist ein hohles Gewölbe, das leicht zusammenbricht und leicht von der Denudation entfernt wird; das Stromende aber ist eine kompakte Lavamasse, die den Angriffen der Verwitterung und der Ablation lange Zeit Widerstand leistet.

II. Nachdem wir die Auflagerung der Lava besprochen haben, wenden wir uns zu der Auflagerung der vulkanischen Asche und zu den daraus entstehenden Tuffen.

Die gewöhnliche vulkanische Asche⁴⁾ ist, wie zuerst CORDIER 1815 nachwies, von derselben Zusammensetzung wie die Lava. Seltener beobachtet man, dass bei einer Eruption sublimirte Mineralien aus dem

1) L. c., S. 396.

2) GOETHE, Ital. Reise, 20, III, 1787.

3) J. WALTHER, Jahrb. Geol. R.-A. Wien 1886, S. 297.

4) BALTZER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1875, S. 53.

Eruptivschlot herausgeblasen wurden, wie die Tridymit- und Gypsaschen, die BALTZER im September 1873 auf Vulcano beobachtete. Alle anderen Aschen¹⁾ sind „zerschossene Lava“. Die vulkanische Asche bildet sich erst im Eruptivkanal, und zu ihrer Bildung²⁾ gehören zwei Bedingungen: zuerst ein grosser Flüssigkeitszustand der Lava, und dann das Vorhandensein von Partikeln, welche bei der herrschenden Temperatur unschmelzbar sind.

Die durch die Expansion der eingeschlossenen Gase zerstäubende Lava fliegt bald als mehrlartig feines Pulver (eigentliche Asche) bald als körnige Krystalle und Bröckchen (Lapilli) bald als gröberes Lavastück (Bombe) aus dem Vulkanschlot heraus; und nur selten fallen alle Stücke wieder an dem Auswurfsort herab, um sich daselbst zu einem Ringwall, mit centralem Krater anzuheufen. So besteht der Aufschüttungskegel³⁾ des Demavent vorwiegend aus einem Haufwerk loser Blöcke und Lapilli; Aschen sind hier selten.

Gewöhnlich werden grobe und feinere Fragmente miteinander aus dem Krater gleichzeitig durch die gleiche Kraft herausgeworfen. In der Luft⁴⁾ muss nun ein Sonderungsprocess vor sich gehen, indem zuerst die schweren Bomben, dann die Lapilli, später der feine Sand und zuletzt die feinste Asche zu Boden gelangt, welche bei verschiedenem Gewicht durch die gleiche Kraft in verschiedene Höhen mitgerissen wurden. Wer an einem günstigen, windstillen Tag die Thätigkeit des Vesuvkraters aufmerksam verfolgt, kann sich von diesem Sonderungsprocess leicht überzeugen. Zuerst fallen die glühenden schweren Fladen um die Kratermündung nieder, und erst nach 10—20 Sekunden folgt ein Regen kleiner Sande und Lapillis. Nach den einfachen Gesetzen des Falles entsteht also aus einer gemischten Aschenmasse eine, nach dem Eigengewicht der Theilchen gesonderte, in Schichten abgesetzte Tuffablagerung.

Wir können die Aufbereitung des Tuff nach denselben Gesichtspunkten beurtheilen, wie die der mechanischen Gesteine, denn die vulkanische Asche wird durch Wind, Wasser, Gletscher und Wellen oft lange Zeit hindurch verfrachtet, ehe sie abgelagert wird.

Durch den bei der Eruption ausgestossenen heissen Dampf werden die Aschentheile in grosse Höhe emporgerissen. Die Aschenwolke des Vesuv erreicht 10 000 m Höhe, die des Krakatau sogar 50 km Höhe, kein Wunder, dass die mit emporgerissenen Aschen ein Spiel der Winde werden. Der Wind spielt als Transportkraft vulkanischer Aschen eine vielbekannte, wichtige Rolle. Der Bahn der vorherrschenden Winde folgend breiten sich die Aschen über ungemein weite Gebiete aus. Die Aschen und Bimsteine des Krakatau bedeckten 1883 eine Fläche von 800,000 □ km. Es giebt keine Stelle der Erdoberfläche oder des Meeresgrundes, die nicht auf diesem Wege mit vulkanischer Asche bedeckt werden könnte.

Das fliessende Wasser ist die zweite Transportkraft für vulkanische Asche. Als BATES⁵⁾ den unteren Amazonas besuchte, über-

1) HEIM, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1873, S. 47.

2) SCACCHI, das. 1872, S. 547.

3) TETZE, Jahrbuch Geol. R.-A. Wien 1878, S. 205.

4) J. WALTHER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1886, S. 308.

5) PRESCHER, Vergl. Probleme, S. 47.

raschte ihn eine Menge Bimsteinbrocken, welche nach dem atlantischen Meer hinausschwammen. Es waren dies Auswürflinge eines Vulkanes der quitenischen oder peruanischen Anden, welche die Quellflüsse des grossen Stromes vielleicht mehr als 3000 km weit verfrachtet hatten.

Auch das Gletschereis verfrachtet vulkanische Asche, überall wo Vulkane und Gletscher in derselben Gegend auftreten.

Uebersaus wichtig für den Transport vulkanischer Aschen und Bimsteine ist aber das Meer. Fast¹⁾ in allen untersuchten Grundproben mariner Sedimente findet man Spuren vulkanischer Gesteine und Aschen, und die Vertheilung der thätigen Vulkane an den Rändern und in der Mitte der Oceanbecken lässt uns diese Thatsache leicht erklärlich erscheinen. Man muss ausserdem bedenken, dass vulkanische Eruptionen submarin sehr zahlreich erfolgen mögen, denn obwohl die Voraussetzung für deren Nachweis überaus selten zusammentreffen, so hat man sie doch vielfach beobachtet. Schwierig ist es, die Producte festländischer Eruptionen von denen submariner Ausbrüche zu unterscheiden. In gewissen Fällen zeigen die Dimensionen und die Zahl der gedregten Lapillis an, dass sie von submarinen Vulkanen stammen, aber meist wird eine sichere Unterscheidung unmöglich.

Wegen seiner Häufigkeit und seiner weiten Verbreitung verdient der Bimstein die erste Rolle unter dem vulkanischen Material mariner Absätze.

Bimsteinstücke findet man überall an der Oberfläche des Meeres schwimmend; oftmals besetzt mit Colonien von *Lepas* und anderen Cirrhipeden. Nach der Eruption des Krakatau war die Bai von Lam-poong in der Sundastrasse mit einer Bimsteinschicht von 30 km Länge, 1 km Breite und 3—4 m Höhe bedeckt. Diese elastische, bewegliche Decke bewegte sich mit den Wellen auf und nieder, und die einzelnen Bruchstücke wurden durch Strömungen zu mehreren tausend Kilometern Entfernung getragen und über den Meeresboden ausgebreitet.

Lange Wälle von Bimstein säumen die Korallenriffe gerade über dem Hochwasserstand.

Von Neuseeland, Nordamerika, Japan, Westitalien werden grosse Massen Bimsteine durch Flüsse dem Meere zugeführt.

Während ihrer Verfrachtung an der Meeresoberfläche, reiben und stossen sich die Bimsteine aneinander, runden sich gegenseitig ab, und die kleinen Splitter fallen zum Boden der Tiefsee hinab, um sich den Sedimenten beizumischen. Man hat Versuche angestellt und gefunden, dass trockene Bimsteine erst nach 3 bis 20 Monaten sich so voll Wasser sogen, dass sie zu Boden sanken. Solche grössere Bimsteine, von den Dimensionen eines Kopfes bis zu Erbsengrösse findet man in allen Sedimenten. Da sie aber in der Umgebung vulkanischer Inseln ungemein zahlreich vorkommen, so scheint es, dass die meisten schon nach kurzer Zeit zu Boden sinken.

Bimsteine aus der Tiefsee sind an ihrer Oberfläche in eine weiche braune, thonige Substanz zersetzt, in anderen Fällen ist die zellige Struktur bis auf den mittleren Kern vollständig verschwunden, das

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 292 f.

Bimsteinstück ist in einen Manganknollen mit Bimsteinkern umgewandelt.

Nachdem wir gezeigt haben, welche weite Verbreitung vulkanische Aschen durch Wind, Wasser, Eis und Meereswellen erhalten können, wollen wir zum Schluss die Art ihrer Auflagerung, soweit Solches beurtheilt werden kann, näher besprechen.

Jede Anhäufung vulkanischer Asche nennen wir Tuff und zwar unterscheiden wir je nach der Art ihrer Auflagerung drei verschiedene Typen ¹⁾ derselben: 1) die Trockentuffe bilden sich auf dem Festland am Boden des Luftmeeres. Die Lage der Schichten eines Trockentuffes hängt ab von der Korngrösse der Bestandtheile und der Neigung des Untergrundes. Wie wir früher schon besprochen haben, vollzieht sich bei festländischen Ascheneruptionen in der Luft ein Saigerungsvorgang. Die verschiedenen Bruchstücke sondern sich nach ihrer Schwere und fallen so zu Boden, dass zuerst eine Schicht größerer Bomben, darauf eine Schicht Lapilli und endlich eine Aschendecke abgelagert wird. Freilich vollzieht sich diese Sonderung nicht immer mit dieser schematischen Klarheit, aber zweifellos ist es, dass Trockentuffe oft wohlgeschichtet sind. Die Neigung der Schichten ist abhängig von der Neigung des Untergrundes. Trockentuffe werden auf ebenen Flächen in horizontalen Schichten abgesetzt, auf geneigtem Boden aber kann ihre ursprüngliche Neigung bis 50° betragen.

In der Nähe des Eruptionskanals sind Trockentuffe aus größeren Bomben und Lavafetzen zusammengesetzt, entfernter vom Krater wird der Tuff immer feinkörniger, Bomben werden seltener. Die Trockentuffe können Bruchstücke des bei der Eruption durchbrochenen Deckengesteins enthalten, unter Umständen also auch recente marine Reste, wenn die Eruption nahe dem Strande erfolgt.

2) Als Wassertuffe bezeichnen wir die Produkte submariner Eruptionen, und obwohl es schwer ist, den Vorgang einer unter Wasser erfolgenden Aschenablagerung genau zu beurtheilen, so lassen sich doch wenigstens einige Thatsachen feststellen. Als im Jahre 1831 zwischen Sizilien und Tunis die Insel Corrao ²⁾ oder S. Ferdinando entstand, berichteten die Beobachter, dass das Meer in wallender Bewegung war, dass eine Wassersäule emporsprudelte und dass auf weite Erstreckung das Meerwasser durch Bimsteine und Schlacken schlammig war.

Im Jahre 1858 traf das Schiff Estremadura ³⁾ unter 39° 57' N.Br. und 25° 50' W. L. das Meer in kochender Bewegung, während heisse Dämpfe daraus emporstiegen.

Am 5. November 1861 entdeckte die Brigg Weilua ⁴⁾ nordwestlich von Neubritannien eine halbmondförmige Bank, 10 km lang, 1 km breit und 3 m unter Wasser, auf der siedendheisses Wasser 50 m hoch in ununterbrochenem Strahl in die Luft geschleudert wurde.

THAYER ⁵⁾ berichtet von einer submarinen Eruption unter 30° 15' S. Br. und 178° 55' Oe. L. wo das Meerwasser auf einen Abstand

1) J. WALTHER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1886, S. 309.

2) POGGENDORF'S Annalen, XXIV, S. 65.

3) Neues Jahrbuch für Mineral. 1833, S. 697.

4) Nautical Magazine 1858, Febr.

5) PETERMANN'S Mittheilungen 1863, S. 112.

6) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1839, S. 219.

von 8 km noch 5—8° C. wärmer war, als das umgebende Seewasser.

Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen geht hervor, das bei einer submarinen Eruption die austretenden Aschenmassen und Bimsteine das Meer auf weite Entfernung in einen missfarbigen Schlamm verwandeln, der so lange durcheinander gerührt wird, als eine stärkere Dampfentwicklung anhält. Alles Thierleben wird durch die Hitze und die Dämpfe getödtet, und todte Fische schwimmen überall auf dem Meere.

Sobald die Eruption ihr Ende erreicht, sinkt der Aschenschlamm in der Nähe der Ausbruchsöffnung in toto zu Boden, entfernter davon wird er nach den allgemeinen Gesetzen mechanischer Absätze deponirt. Die bei der Eruption getödteten Thiere sind diffus in diesem Tuffbrei vertheilt, und während bei einer Tuffablagerung auf dem Festland alle beigemengten sauren Dämpfe verdampfen, werden dieselben in dem Aschenbrei unter Wasser noch lange Zeit zurückgehalten.

Auf Santorin ¹⁾ war 20 Jahre nach der Eruption das Seewasser noch so reich an schwefelsauren Dämpfen, dass sich in einer Bucht die mit Kupfer beschlagenen Schiffe vor Anker legten, damit die Ueberzüge von den Kalkresten festsitzender Thiere (*Balanus*, *Ostrea* u. s. w.) auf natürlichem Wege entfernt würden. Wenn nun das über einer submarinen Eruptivstelle stehende Seewasser nach 20 Jahren noch so sauer war, dass es den Kupferbeschlag von Seeschiffen in kurzer Zeit reinigte, so ist leicht einzusehen, dass die in dem submarinen abgelagerten Tuff enthaltenen Kalkreste meist rasch zerstört werden. Daraus folgt, dass Wassertuffe nahe dem Eruptivpunkt nicht geschichtet sind, dass Versteinerungen darin selten sind, und wenn sie vorkommen, keine regelmässige Vertheilung in einzelnen direkten Schichtenzonen erkennen lassen.

3) Von den soeben geschilderten Tuffablagerungen submariner Eruptionen unterscheiden sich die sogenannten Sedimenttuffe, welche dadurch entstehen, dass festländisch ausgeworfene Aschenmassen ins Meer fallen, und am Meeresboden aufbereitet werden. Nach den Beobachtungen, die ich an Tuffmassen machen konnte, welche in grössere 20 m tiefe Wasserbecken hineingeschüttet worden waren, scheint es, dass hier nicht eine schichtenförmige Sonderung nach der Schwere wie bei den Trockentuffen eintritt, sondern dass die poröse, schaumige Beschaffenheit der Bruchstücke die massgebende Rolle spielt. Denn alle dichten Tuffstückchen, mögen sie klein oder gross sein, sinken sofort zu Boden, alle porösen Stücke schwimmen eine Zeit lang obenauf, und sinken erst dann unter. Ein grosses Bimsteinstück fällt bei einem Trockentuff, seinem Eigengewicht entsprechend, mit den gröberen Lapillistuff, bei einem Sedimenttuff aber mit dem feinsten blasigen Aschenmaterial. Infolgedessen zeigen Sedimenttuffe häufig eine abwechselnde Schichtung von dichtem und porösem Material, unabhängig vom Eigengewicht der Fragmente.

III. Sehr häufig entsendet der Eruptionskanal nicht nur Lava oder Asche, sondern beide Gesteine in abwechselnder Reihenfolge nacheinander. Die hierbei entstehenden Ablagerungen bilden in der Regel

1) v. HUMBOLDT, Kosmos, I, S. 154. Anm. 1.

einen ringförmigen Wall, mit einer centralen Vertiefung. Man bezeichnet sie als Vulkane im eigentlichen Sinne, oder Stratovulkane; und die Vertiefung, aus welcher das Lava und Aschenmaterial emporströmt, nennt man den Krater. Alle die Erscheinungen, die wir von den Aschenablagerungen einerseits, von den Laven andererseits geschildert haben, treten an den Stratovulkanen combinirt auf, und bewirken es, dass dieselben zu ungeheurer Höhe emporsteigen. Der Aetna besteht aus einem Kegel von 3000 m Höhe und 60 km Durchmesser und ist ganz aus Lavaströmen und Tuffschichten aufgebaut. Es kommt hinzu, dass Gänge und Apophysen im Innern der Stratovulkane eine sehr grosse Rolle spielen, so dass dieselben schliesslich aus einem riesigen Maschenwerk von Lavaplatten bestehen, deren Zwischenräume mit Tuff ausgefüllt sind. Wenn man ausserdem in Rechnung zieht, dass jede Ruhepause der vulkanischen Thätigkeit den denudirenden Kräften willkommene Gelegenheit giebt, durch Deflation und Erosion, Exaration und Abrasion den Vulkankegel anzugreifen, und dass dadurch die Oberfläche desselben bald eine Denudationsfläche, bald wieder kurze Zeit darauf eine Auflagerungsfläche wird, so kann man ermessen, wie complicirt der innere Bau eines älteren Stratovulkans sein muss. Da sowohl Tuff wie Lava auf verschieden geneigter Unterlage in verschiedenartiger Weise abgelagert werden, so wechselt die Schichtung derselben während des Aufbaues eines Vulkans beständig; und da viele Stratovulkane unter dem Meere entstehen, später aber als vulkanische Insel aus demselben auftauchen, so finden wir in solchen Fällen Wassertuffe, Sedimenttuffe und Trockentuffe übereinander abgelagert.

Die Eruption beginnt mit einer Explosion, durch welche die letzte Schicht der Erdkruste gesprengt und in einzelnen Bruchstücken dem Eruptivmaterial beigemischt wird. Alle Gesteine, welche von dem Magma durchbrochen wurden, können sich an dem Aufbau dieser ersten „Explosionsbreccie“ betheiligen. Je länger die eruptive Thätigkeit anhält, desto seltener werden die mit herausgerissenen fremdartigen Bruchstücke, so dass man hieraus schon das relative Alter einer vulkanischen Ablagerung in vielen Fällen bestimmen kann. Wenn die Eruption mit jener ersten gewaltsamen Explosion ihr Ende erreicht, so sehen wir deren Spuren in den kreisrunden Maaren, jenen in manchen Vulkangebieten so zahlreichen Seebecken.

Häufiger aber folgt nach der Explosion ein Empordringen von Lavamasse, die entweder als Asche und Schlake in die Luft geworfen um den Krater als ein Ringwall niederfällt, oder die als Lavastrom überquillt und nach kurzem oder längeren Fliessen erstarrt. So baut sich aus abwechselnden Schichten von Tuff und Lava allmählig der Vulkankegel auf. Erdbeben zerreißen seine Flanken, und von unten dringt Lava in die offenen Spalten um darin als Lavagang zu erstarren. Ein Erfahrungsgesetz ist es, dass grosse Lavaströme nicht aus dem Gipfel, sondern aus den Flanken des Vulkans ausbrechen.

Nach SCROPE¹⁾ wird die Auflagerung der Eruptionsprodukte besonders durch drei Ursachen modificirt, erstens durch die Form der Eruptionsspalte. Denn wenn die Länge derselben, verglichen mit ihrer

1) POULETT SCROPE, On Volcanos 1825, S. 68.

Breite, sehr beträchtlich ist, so ordnen sich eine Anzahl Krater reihenförmig nebeneinander und beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Form.

Zweitens bedingt die Neigung und Unebenheit des Untergrundes eine verschiedenartige Auflagerung des Materials.

Drittens veranlassen heftige Winde eine Anordnung der Aschen auf der Leeseite; und in allen Gegenden mit Passaten, oder anderen regelmässigen Winden wird dadurch die Form des Kraterkegels sehr wesentlich abgeändert, während Regionen relativer Windstille eine regelmässige Anordnung ihrer Vulkanberge zeigen. Die weitere oder geringere Verbreitung der Auswurfsprodukte eines fossilen Vulkans kann daher zu geographischen Ortsbestimmungen benutzt werden.

Das Auftreten grösserer Massen von Bomben spricht für die Nähe des Eruptivschlotes, denn dieselben können durch den Wind nicht weit horizontal getragen werden.

Die Schichtung der Tuffmassen innerhalb des Vulkankegels zeigt in sofern eine bemerkenswerthe Verschiedenheit, als der Kamm des Kraterringes die ganze Masse in zwei verschieden geneigte Schichtensysteme theilt. Auf der Aussenseite des Kammes fallen alle Schichten unter einem Winkel von bis zu 25° nach aussen, auf der Innenflanke, die der Kraterhöhlung entspricht, fallen die Schichten dem Vulkan-schlot zu. Die Neigung dieser Schichten ist nahezu parallel und entspricht der äusseren Kontur der entsprechenden Lokalität. Selbst wenn die äussere Form eines Vulkanes später durch Denudation unkenntlich geworden ist, wird man aus jener doppelseitigen Schichtenneigung leicht die Nähe des vulkanischen Herdes erschliessen können.

13. Die Diagenese.

Zwischen den Ablagerungen, deren Bildung wir in den letzten Abschnitten kurz besprochen haben, und den entsprechenden Gesteinen, die sich am Aufbau der Erdrinde betheiligen, bestehen viele Unterschiede. Wenn wir die lockeren Sandmassen einer Düne mit älteren Sandsteinbänken, den weichen Kontinentalschlamm mit Mergelgesteinen, die frisch gefallenen zerreiblichen Aschen am Abhang eines Vulkans mit den kompakten Tuffmassen früherer Eruptionen vergleichen, so wird es uns klar werden, dass die lithogenetischen Vorgänge mit der Auflagerung eines Sediments nicht abgeschlossen sind, sondern dass sich beständige Veränderungen in den Ablagerungen vollziehen, dass die Umwandlung einer recenten Ablagerung zu einem Gestein durch bestimmte chemische und physikalische Processe veranlasst wird. Es ist nicht die „Zeit“, welche aus recenten Sedimenten fossile Gesteine macht, sondern durch specielle Vorgänge werden specifische Veränderungen hervorgerufen.

Aus der grossen Zahl solcher Umwandlungsvorgänge wollen wir aber zwei Gruppen ausschalten, und in einem folgenden Abschnitt besonders besprechen, weil sie in ihrer Ursache und ihrer Wirkung manche Aehnlichkeit besitzen, und sich als secundäre accessorische Veränderungen leicht herausheben. Gebirgsdruck und vulkanische Wärme rufen ganz besonders charakteristische Umwandlungen hervor. Beides sind Kräfte, welche zeitlich und räumlich beschränkt auftreten, und welche nicht nothwendig unter den Begriff der Versteinung fallen. Wir werden ihre Wirkung als Metamorphose noch eingehend besprechen; dagegen verstehen wir unter Diagenese¹⁾ alle diejenigen physikalischen und chemischen Veränderungen, welche ein Gestein nach seiner Ablagerung, ohne das Hinzutreten von Gebirgsdruck und Vulkanwärme, erleidet. Es sind dieselben Vorgänge, welche aus einer recenten Muschelschale eine fossile Versteinung machen.

Wenn wir frisch gebildete Ablagerungen mit fossilen Gesteinen vergleichen, so finden wir die letzteren besonders: durch grössere Dichte, grössere Härte und die Häufigkeit von Concretionen ausgezeichnet; marine Gesteine sind salzfrei geworden, aus organischen Ablagerungen ist die organische Substanz mehr oder weniger verschwunden, und vielfach finden wir die chemische Zusammensetzung durch neu-

1) Der Ausdruck wurde zum erstenmal von v. GUÉMBEL, Ostbayr. Grenzgebirge 1888, wenn auch in etwas anderem Zusammenhang gebraucht.

gebildete Verbindungen, durch Umlagerung der Moleküle, durch accessorische Bestandtheile verändert. Da bisher viele dieser diagenetischen Vorgänge nur wenig untersucht, und wenig bekannt geworden sind, können wir im Folgenden nur die wichtigsten Principien der Diagenese behandeln.

Die Verkittung der Gesteinselemente ist eine vielfach auftretende Eigenschaft älterer Gesteine. Während eine frisch gebildete Ablagerung meist so weich ist, dass man die einzelnen Theilchen durch einen Fingerdruck leicht voneinander trennen kann, sind ältere Gesteine meist von harter Consistenz und grösserer Dichte. Diese Veränderung der Härte und der Dichte beruht wesentlich darin, dass ein Theil der Hohlräume, welche zwischen den Gesteinselementen existirten, durch Ausscheidung eines Bindemittels ausgefüllt wurde.

Das Porenvolumen, d. h. die Summe der Hohlräume im Boden, ist in Torf, Humus und feinkörnigen Bodenarten am grössten, in grobkörnigen Arten kleiner, in einem Gemenge grob- und feinkörnigen Materials am kleinsten¹⁾.

Material:	Korngrösse:	Porenvolumen:
Mooriger Boden	—	84 %
Feinsand	0,3—0,25 mm	55,5 %
Thonboden mit org. Subst.	—	52,7 %
Lehmboden ohne org. Subst.	—	45,1 %
Grobsand	—	39,4 %
Kies	—	38,4—40,1 %
Gemenge aus Kies und Sand	—	23,1—28,9 %

Das Porenvolumen ist bei festländischen Ablagerungen mit Luft oder mit Wasser, bei einem marinen Sediment mit Seewasser erfüllt. Das primäre Porenvolumen ist keine constante Grösse, sondern ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen, wie schon die einfache Thatsache lehrt, dass Schlamm oder Sand durch Druck zusammengepresst und in seinem Volumen verkleinert werden kann.

Nach den Untersuchungen von HILGARD²⁾ beträgt das Porenvolumen recenter Mississippisedimente:

Tallahatchie Soil	: 23,63 %
Südwest Mudlump	: 28,81 „
Südwest Passage	: 49,20 „
Frontland Subsoil	: 58,25 „
Dogwood Strand	: 61,50 „

Das Porenvolumen eines organischen Kalksandcs aus dem Golfe von Neapel betrug 35—40 %. Es muss also bei der Umwandlung dieses Kalksandcs zu dichtem Kalk 35 % der Gesamtkalkmasse nachträglich chemisch ausgeschieden werden.

Leider sind nur wenig direkte Beobachtungen über das Porenvolumen frischer Ablagerungen in der Literatur erwähnt. Wir müssen uns daher an indirekte Angaben über die Dichte recenter Gesteine halten. Und da ist es besonders bemerkenswerth, dass die Ablagerungen aus der Tiefsee des jetzigen Oceans meist ungemein weich und locker sind, trotz des ungeheuren Wasserdrucks der auf ihnen lastet,

1) v. FODOR, Handbuch der Hygiene, I. Bd., I. Abth., 2. Lief., S. 105.

2) Americ. Journal 1874, I, S. 10.

und trotz der langen Zeit, während deren sie diesem Druck ausgesetzt waren.

Der Challenger beobachtete, dass die Lothröhre

unter 2° N. Br. 149° W. L. in 5348 m in Globigerinenschlick	15 cm	tief
„ 35° S. Br. 18° W. L. „ 3501 „ „ „	30 „	ein-
„ 17° S. Br. 13° W. L. „ 2587 „ „ Pteropodenschlick	25 „	sank;
„ 37° N. Br. 171° Oe. L. „ 5486 „ „ Tiefseethon	45 „	

ja mehrfach beobachtete man, dass die Lothröhre leer heraufkam, obwohl sie 30 cm tief in das Tiefseesediment eingesunken war, nur weil dasselbe zu dünnflüssig gewesen schien.

Ganz ähnliche Beobachtungen machte die Gazelle¹⁾. Bei Lothung No. 6 unter 33° N. Br. und 17° W. L. in 3809 m fand man etwas zähen Kalksehlamm, in dem das Loth 32 cm eindrang, bei Lothung No. 2 unter 44° N. Br. und 11° W. L. in 4520 m fand man einen gelblich grauen zähen Schlamm, der sehr kalkhaltig war, reich an *Globigerina*, Polycystinen und Coeolithen, in dem das Loth 1 m einsank.

Ich glaube, dass diese Thatsachen besonders lehrreich sind, weil sie beweisen, dass der Druck als solcher ebenso wenig wie die Länge der Zeit einen verkittenden Einfluss auf die Sedimente ausübt.

Dagegen werden recente Ablagerungen durch Austrocknen sehr rasch verhärtet. Der Tuff der Phlegräischen Felder, welcher in den frischen Brüchen so weich ist, dass er mit jedem Instrument leicht bearbeitet werden kann, wird hart, sobald er einige Zeit lufttrocken geworden ist. An den Küsten²⁾ von Natal bilden sich Sandbänke an der Mündung der Flüsse, welche in der trockenen Jahreszeit als Barren eine Lagune abschneiden und bisweilen so rasch verhärten, dass man sie als Bausteine ausbeutet.

Der Kalksand³⁾ von Milladue-Madue-Atoll auf den Malediven ist nur wenig verkittet, verhärtet aber an der Luft so rasch, dass ihn die Eingeborenen nur wenige Tage exponiren, da sie ihn sonst nicht bearbeiten können.

Darüber kann wohl kein Zweifel herrschen, dass in diesen Fällen die Verhärtung des Gesteines durch das Eintrocknen und die Ausscheidung der im Wasser enthaltenen gelösten Substanzen erfolgt ist. Es käme darauf an, diesen Vorgang durch Experimente näher zu untersuchen, indem man solche frische Gesteine vor dem Eintrocknen mit destillirtem Wasser auswäscht und dann ihre Härte bestimmt. In regenarmen Gebieten kann man sogar Seesalz als Bindemittel frisch erhärteter Sedimente beobachten. So findet sich an den Ufern des Rothen Meeres bei Sues eine dicke Bank, bestehend aus Conchilien und anderen Kalktrümmern, welche durch Salz zu einem ziemlich festen Gestein verbunden werden.

Viel wichtiger als die Verkittung der Theilchen frisch gebildeter Sedimente durch die beim Austrocknen abgesetzten Stoffe, scheint uns aber die Cementirung der Sedimente unter dem Einfluss besonderer, am Meeresgrund vor sich gehender chemischer Umsetzungen.

1) V. SCHLEINITZ, Annalen für Hydrographie, II, S. 197, 199.

2) MARKHAM, Proc. Geogr. Soc. 1872, S. 138.

3) MORESBY, Journal Geogr. Soc. 5, S. 398.

Der Meeresboden in grösseren Tiefen ist, wie THOULET¹⁾ betont, ausgezeichnet durch vollkommene Ruhe. Die vielfachen Bewegungen, welche die oberen Schichten des offenen Meeres erleiden, setzen sich nur mit sehr geschwächter Wirkung in die Tiefe fort. Die Wasser des Meeresgrundes stagniren vielfach und haben Zeit sich und die Sedimente auf denen sie ruhen und die sie durchdringen, chemisch zu verändern. Die Diffusion erfolgt so langsam, dass sich beträchtliche Differenzen der chemischen Zusammensetzung längere Zeit hindurch erhalten können, und dass daher der Meeresgrund ein Herd chemischer Veränderungen ist, welche langsam ihren Einfluss auch auf höhere Wasserschichten geltend machen.

Es²⁾ ist einleuchtend, dass den marinen Absätzen viel organische Substanz beigemischt ist, besonders in den oberflächlichen Schichten. Im Blauschlamm führt die Zersetzung dieser Substanzen zur Reduction der Oxyde in der obersten röthlichen Schicht, und zur Bildung von Sulphiden, welche dem Sediment die blaue Farbe geben. Dagegen ist im Rothschlamm und im Rothen Thon die Menge organischer Substanz ungenügend um diese Veränderung zu bewirken, und das Sediment behält infolgedessen seine rothe Farbe. Auch die Bildung von Glaukonit und von Phosphateconcretionen mag mit Veränderungen zusammenhängen, welche veranlasst sind durch die Zersetzung organischer Substanzen in terrigenen Sedimenten. Die Quelle aller dieser chemischen Veränderungen aber ist direkt oder indirekt die organische Welt.

Wenn wir uns der grossen Zahl mariner Lebewesen erinnern, welche im Ozean leben, und des organischen Materials gedenken, welches vom Land in die See verfrachtet wird, ist es einleuchtend, dass die Lebenserscheinungen derselben, zusammen mit den stickstoffhaltigen organischen Zersetzungsprodukten ihrer abgestorbenen Leiber, einen ununterbrochenen und tiefgreifenden Einfluss auf die Constitution der Seewassersalze und die im Seewasser suspendirten oder am Meeresgrund abgelagerten Sedimente ausüben muss; dass die Intensität dieser Veränderungen wechselt mit der Temperatur, der Belichtung und anderen Bedingungen.

Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor nehmen Theil an dem Aufbau der Gewebe und Säfte aller marinen Lebewesen; ausserdem werden Kalk und Kiesel in die Hartgebilde der Organismen aufgenommen und müssen als nothwendig für das Leben zahlreicher Thiere und Pflanzen betrachtet werden. Sobald marine Organismen sterben, so beginnt sofort der Zerfall ihrer einzelnen Elemente. Kohlenstoff und Wasserstoff entweichen als Kohlensäure und Wasser, der Stickstoff bildet Ammoniak, und Schwefel und Phosphor vereinigen sich zu flüchtigen Schwefel- und Phosphorverbindungen. Mit einem Wort, die Verwesung mit allen ihren wohl bekannten Erscheinungen findet statt.

Zur selben Zeit wird die Struktur der Skelette verändert, und indem sie in Lösung gehen, können dieselben schliesslich vollkommen in ihre unorganischen Bestandtheile im Seewasser aufgelöst werden. Am Meeresboden in grossen Tiefen mag dieser Verwesungsprocess ein

1) Revue Générale des Sciences 1891, No. 10, S. 329.

2) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 253f.

sehr langsamer sein, da Sauerstoff nur in Lösung im Wasser vorhanden ist.

Die Analyse von Seewasser zeigt uns, dass erdige und alkalische Sulphate einen grossen Theil der Seesalze bilden. Wenn diese der Einwirkung von Kohlenstoff oder von kohlenstoffhaltiger organischer Substanz unterworfen sind, werden die Sulphate reducirt und Sulphide gebildet; der Kohlenstoff vereinigt sich mit dem Sauerstoff der vorher mit den Metallen und Metalloiden verbunden war, um Kohlensäure zu bilden. In dieser Weise wird für jedes zersetzte Sulphatmolekül ein Sulphidmolekül und zwei Kohlenstoffmoleküle gebildet. Da nun aller Kohlenstoff der marinen Organismen endlich in Kohlensäure verwandelt wird, so muss die Menge der auf diesem Wege gebildeten Kohlensäure enorm sein, und muss eine grosse lösende Wirkung nicht nur auf die todtten Kalkskelette, sondern auch auf die Mineralien im Schlamm des Meeresgrundes ausüben. Durch diese Umsetzungen würde der Meeresgrund bald mit giftigen Sulphiden so durchtränkt werden, dass er jede Ansiedelung von Pflanzen oder Thieren verhinderte. Aber in dem Maasse als die Sulphide gebildet werden, zersetzt sie die gleichzeitig gebildete Kohlensäure und bildet erdige und alkalische Carbonate indem Schwefelwasserstoff ausgeschieden wird; der letztere wird in dem Wasser zu schwefliger Säure oxydirt, welche wiederum das Kalkcarbonat zersetzt, welches im Wasser gelöst oder in den Kalkschaalen enthalten ist; so dass schliesslich Gyps gebildet wird.

Die in den thierischen Geweben und Säften enthaltenen Mengen von Stickstoff- und Eiweisssubstanzen, werden durch eine Reihe von Zwischenstadien in Ammoniak und Stickstoff zerlegt, das erstere ist entweder frei, oder geht gebunden an Kohlensäure als kohlensaures Ammoniak in Lösung, oder wird in Nitrate oxydirt. Der Schwefel und Phosphor werden in Verbindung mit Wasserstoff ausgeschieden, schliesslich oxydirt in Säuren, zersetzen die alkalischen und erdigen Carbonate des Seewassers und bilden Sulphate und Phosphate.

MURRAY und IRVINE haben durch direkte Analysen gezeigt, dass die auf die angegebene Weise gebildeten Ammoniumsalze, überall im Ocean vorhanden sind, als Wirkung der Zersetzung von Eiweisssubstanzen. Diese Veränderung wird bei hoher Temperatur beschleunigt, bei niedriger verzögert, desshalb enthalten tropische Gewässer mehr Ammoniak als in gemässigten Zonen vorhanden ist. Das kohlen saure Ammoniak, welches aus der Zersetzung animalischer Körper bei Anwesenheit von Kalksulphat im Ocean oder in den Geweben der Thiere entsteht, wird umgewandelt in Kalkcarbonat und Ammoniaksulphat. Auf diese Weise kommen alle Kalksalze des Seewassers den Korallen und Schaaenbildnern zu Gute. Die intensivere Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Substanzen in den Tropen mag vielleicht die grössere Entwicklung von Riffkorallen und anderen kalkabscheidenden Organismen im Tropenmeere mit erklären helfen.

Zwar verzögert die niedrige Temperatur am Meeresgrunde und vielleicht auch der hohe Druck die Verwesung daselbst, aber jedenfalls ist es unrichtig, anzunehmen, dass in grossen Tiefen Verwesung nicht existire, da man überall Anzeichen für das Gegentheil findet.

Für die chemischen Umänderungen am Boden des Meeres spielen jedenfalls auch die Bakterien eine überaus wichtige Rolle. Wir haben im ersten Band S. 106 kennen gelernt, welche Menge von Spaltpilzen weniger im offenen Meer, als wie am Meeresgrunde leben. Noch in 1100 m Tiefe fanden sich 24 000 Bakterien im Kubikcentimeter Schlamm. M. CERTES¹⁾ fand sogar noch Bakterien in 4570 m. Obwohl keine besonderen Untersuchungen hierüber vorliegen, so können wir doch aus diesen Thatsachen und aus der Analogie der Lebensvorgänge bei Süßwasserbakterien mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass die marinen Bakterien eine grosse Rolle bei der Diagenese spielen.

Obwohl THOULET²⁾ neuerdings gezeigt hat, dass die Lösungskraft von Seewasser auf Silikate und andere Mineralien geringer ist als die von Süßwasser, so ist es doch eine Thatsache, dass alle Mineralien vom Seewasser angegriffen werden, und dass die ungeheueren Längen der zur Verfügung stehenden Zeit ebenso wie die Masse des Lösungsmittels die Intensität der Lösungskraft vollauf ersetzt.

Der grosse Gegensatz zwischen Salz- und Süßwasser besteht darin, dass im Seewasser die Sulphate durch Kohlenstoff und Wasserstoff desoxydirt werden, während sich im Süßwasser wegen der geringen Menge der Sulphate dieser Vorgang nicht vollziehen kann. Es ist wahrscheinlich, dass diese Reaktionen im tiefen Wasser in ähnlicher Weise erfolgen, wie in dem Seichtwasser, allein die Intensität derselben muss durch grossen Druck, Abwesenheit mechanischer Bewegung und Mangel des Lichtes, modificirt werden.

Thatsache ist es, dass sich am Meeresgrund vom Strand bis zur Tiefsee Vorgänge chemischer Ausscheidungen beobachten lassen, welche jenen Schluss sehr berechtigt machen; ich meine die Bildung von chemischen Concretionen. Häufig beobachtet man, dass lösliche Stoffe, welche vorher durch die gesammte Gesteinsmasse vertheilt waren, sich infolge bestimmter Vorgänge an einzelnen Stellen concentriren, und durch immer weiter gehende Anlagerung wachsend, endlich als feste Kerne, als vielfach gestaltete Einlagerungen mehr oder minder regelmässig im Gestein vertheilt liegen. Bei der Bildung solcher Concretionen haben wir zwei Erscheinungen scharf voneinander zu trennen. Erstens müssen wir uns die Frage vorlegen, warum es zur Ausscheidung von concretionären Massen kam, dann haben wir zu untersuchen, weshalb sich diese chemische Abscheidung nicht im ganzen Gestein, sondern nur an bestimmten Stellen vollzog.

Wir glauben, ein sicherer Beweis dafür liegt allerdings noch nicht vor, dass die vorhin angedeuteten, durch Bakterien veranlassten chemischen Umwandlungen organischer Stoffe die Ursache der Bildung von Concretionen sind. Sehen wir doch ungemein häufig, dass Concretionen als Kerne eine Versteinerung zeigen, dass also eine Mitwirkung absterbender organischer Gewebe vielfach zweifellos ist.

Dann aber scheint es nach dem früher Gesagten leicht verständlich, dass auch die regionale Vertheilung der Concretionenbildung und anderer diagenetischer Vorgänge am Meeresgrund, durch die Verschiedenheit der verwesenden Substanzen und damit der Verwesungs-

1) Acad. Roy. Belgique, Bulletin VII, 1884, No. 6.

2) Compt. Rend. 1889, S. 753.

vorgänge veranlasst wird. Wir können diesen Gedanken nicht mit Thatsachen belegen, weil die einschlägigen Verhältnisse noch nicht genauer untersucht sind.

Concretionen finden wir nicht überall, sondern gewisse Regionen sind frei von ihnen, während benachbarte Gebiete, deren Sediment keine wesentlichen Unterschiede zeigt, Concretionen enthalten. Schon diese Thatsache lehrt uns, dass die Concretionenbildung nicht nur von der Beschaffenheit des Sedimentes abhängig ist.

Im Wattenboden bei Cuxhafen¹⁾ bilden sich festere, durch Kalk verkittete Partien, in denen *Cardium edule*, *Mytilus edulis* und Globigerinenschalen eingeschlossen sind.

Auf der Rhede von Sues kann man bei Ebbe 60 cm. hohe Sandbänke beobachten, welche aus wohlgeschichtetem feinkörnigem Oolithsand bestehen. Auf der Oberfläche derselben sieht man an manchen Stellen ein Pflaster härterer Partien, welche meist von *Mytilus*colonien bedeckt und daran leicht kenntlich sind. Nimmt man einzelne dieser Verhärtungen heraus, so bemerkt man, dass es durch Kalk verkittete Oolithkörner sind, kalkreichere und härtere Concretionen in der unverkitteten Oolithablagerung. Diese concretionären Verhärtungen sind von unregelmässigem Umriss und lassen erkennen, dass sie sich seitlich noch weiter vergrössern, so dass hier der Vorgang diagenetischer Verfestigung einer bestimmten Schicht zwischen unverkittetem Material leicht erkannt wird. Indem die Concretionen seitlich verschmelzen, bilden sie allmählig eine feste Bank.

Kalkige Concretionen fand der Challenger²⁾ an den Keelinseln in einem Glaukonithaltigen Blauschlamm 216—255 m tief, dieselben waren 1—7 cm gross. Die Expedition fand auch Kalkconcretionen von 3—16 cm in 50—90 m, solche von 30 cm Durchmesser am Aequator in 1500 m Tiefe.

An der Südküste von Neuengland³⁾ fand VERRILL in 427 bis 1170 m Concretionen von über 30 kg Schwere und 75 cm Länge, 36 cm Breite und 16 cm Dicke. Dieselben bestanden aus Kieselsand, der durch Kalk verkittet war, und recente Muscheln (*Astarte*) enthielt.

Ausser Kalkconcretionen bilden sich am Boden des heutigen Meeres auch solche von 75% Baryumsulphat, wie sie JONES⁴⁾ bei Colombo in Tiefen von 1234 m beobachtete. Sie schlossen Foraminiferenschalen ein.

Die Walknochen⁵⁾ und Fischzähne des mittleren Pacifik und die Manganknollen, welche man um organische Kerne ausgeschieden fand, enthalten häufig beträchtliche Mengen von phosphorsaurem Kalk.

In Globigerinenschlick und anderen organischen Sedimenten ist gewöhnlich ein Phosphatgehalt, geringer als 1% nachweisbar, während derselbe nach den kontinentalen Küsten zu grösser wird. Auch Glaukonit enthält oft phosphorsaurer Kalk.

Allein in der Nähe kontinentaler Küsten findet man in Tiefen von 180—3430 m Concretionen von 1—3 cm, selten von 6 cm. Sie

1) L. MEYN, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1856, S. 119.

2) CHALLENGER, Narrative, II, S. 557.

3) VERRILL, Sill. Americ. Journal 1882, II, S. 448.

4) Record, Geol. Survey of India, XXI, 1, S. 35.

5) MURRAY & RENARD, Chall. D. S. Dep. S. 391.

sind von Erhabenheiten bedeckt, von Löchern durchzogen und haben eine sonderbare, bald warzige, bald eckige Gestalt. Ihre Oberfläche ist gewöhnlich glasirt und bedeckt von einem dünnen schmutzigbraunen Ueberzug, welcher die mineralogische Natur und aggregirte Struktur verhüllt. Wenn man sie näher betrachtet, so erkennt man verschiedenartige Bruchstücke, verkittet durch eine überwiegende Menge phosphorsauren Kalkes. Sie sind hart und fest, von ebenem oder unregelmässigem Bruch. Die Concretionen aus seichterem Wasser sind grün gefärbt und enthalten viel Glaukonit, während die aus 3470 m Tiefe lichtbraun waren.

Der Gehalt an Phosphorsäure ist in geringerer Tiefe 20 %, in letzteren Falle 24 %.

Es scheint, dass diese Phosphatconcretionen an solchen Küsten häufig sind, wo durch die Mischung kalter und warmer Meeresströmungen das Wasser starken und raschen Temperaturveränderungen unterworfen ist, wie an dem Capland und an der Ostküste von Nordamerika. Es ist sehr wahrscheinlich, dass an solchen Stellen grosse Mengen pelagischer Thiere oft durch diesen Temperaturwechsel getödtet werden, dass sie ein ausgedehntes Lager sichzersetzender Stoffe am Meeresboden bilden. So können abwechselnde Schichten mit und ohne Phosphateconcretionen leicht gebildet werden.

Recente Phosphatconcretionen gehören der Küstenzone an. Man kann sie finden in allen terrigenen Absätzen, ebenso wie am Rande der Tiefsee in echten pelagischen Sedimenten. Zweifellos sind es Bildungen an Ort und Stelle, ausgeschieden um verschiedenartige Fremdkörper aus Lösungen, welche im Sediment enthalten waren. Die Bildung der Phosphatknollen an der Agulhasbank mag folgendermassen verlaufen sein: Ueberall weist die Analyse phosphorsauren Kalk in marinem Schlamm nach. Die Organismenreste werden durch die Thätigkeit des Seewassers aufgelöst und der mit gelöste phosphorsaure Kalk wird zuerst im Innern von Rhizopodenschalen ausgeschieden. Die Phosphatmasse wächst allmählig aus der Schale heraus, nebeneinander liegende Concretionen verschmelzen miteinander, und allmählig bilden sich Knollen von beträchtlicher Grösse.

Phosphateconcretionen¹⁾ wurden auch an den Küsten von Mittelamerika überall gefunden, doch nur in Tiefen geringer als 2743 m, und nicht fern vom Lande.

Sehr weit verbreitet sind Mangan-Eisenconcretionen in recenten Sedimenten. BUCHANAN²⁾ beobachtete sie im Loch Fyne bei Glasgow im grauen Kontinentalschlamm, aber nur auf einem engumgrenzten Gebiet in 190 m Tiefe.

Im Gebiet des Golfstromes fand der ALBATROS³⁾ in 1800 bis 3000 m den Meeresboden bedeckt mit unregelmässig flachen Mangan und Eisenconcretionen. Stücke von 2—15 cm Dicke und 10 kg Schwere wurden gefunden, welche auf ihrer Unterseite oft aus zähem blauen Thon bestanden. Auf einem Stück⁴⁾ aus 2892 m sassen

1) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 277. Ann.

2) BUCHANAN, Nature 1878, Okt., S. 628.

3) Annalen für Hydrographie 1885, S. 622.

4) VERRILL, Americ. Journal 1884, II, S. 380.

Gorgoniden, Hydroiden, Bryozoen, sowie viele Exemplare von *Discina atlantica* und *Waldheimia cranium*

Manganhydrate in Verbindung mit Eisenhydraten gehören zu den am meisten verbreiteten Stoffen in marinen Sedimenten; alle Steine, Muscheln, Kalkalgen, Kalkbruchstücke, welche in 90 m Tiefe den Meeresboden bei Millport (Schottland) bedecken, zeigen dünne schwarze abwischbare Ueberzüge von Mangan. Der Challenger beobachtete ähnliche Manganüberzüge auf Pteropoden und Globigerinenschaalen aus 2560—2743 m. Aber in den Ablagerungen der Tiefsee gehören Manganconcretionen zu den verbreitetsten Gebilden. Sie sind am häufigsten im Pacifik und Indik, dagegen sind sie im Atlantik nur in der Nähe vulkanischer Inseln lokal häufig. Im Atlantik finden sie sich von 767—5211 m, im südlichen Indik und Antarktik von 2926—4754 m, im Pacifik von 767—8183 m. Die überwiegende Mehrzahl ist 1—15 cm gross. Ihre Form ist meist so charakteristisch, dass man nach ihr sofort den Fundort bestimmen kann.

In 13° S. Br. und 149° W. L. wurde aus 4297 m ein Netz voll Rothen Tiefseethon heraufgebracht, welches 508 kg Manganknollen enthielt.

Nach den Beobachtungen von MURRAY liegen diese Manganknollen ganz oberflächlich dem Sedimente auf. Die immer oberflächlich wirkende Dredge nimmt sie daher in Menge auf, so dass das oft beobachtete Verhältniss von 50 % Manganknollen in einem Sediment, nicht den thatsächlichen Verhältnissen am Meeresboden entsprechen dürfte.

Die bisher besprochenen Concretionenbildungen leiten uns über zu der Verhärtung ganzer Flächen am Meeresgrund und am Strande, die sich von jenen nur durch die horizontale Ausdehnung unterscheiden, und als eine concretionäre Bildung in grossem Stil betrachtet werden muss.

Wie die Versuche von KUHLMANN¹⁾ zeigen, genügen sehr schwache Lösungen alkalischer Silikate um weiche Kreide in ein Kalksilikat zu verwandeln, das Marmor ritzt.

An der nordafrikanischen Küste bei Bona²⁾ werden Sande und Gerölle am Strand durch ein kieseliges Bindemittel im Bereich der Küste bei tiefer Ebbe, wahrscheinlich unter dem Einfluss starker Sonnenwärme verkittet.

Bei Pernambuco³⁾, Porto Seguro, Sta. Cruz und anderen Stellen der südamerikanischen Küste beobachtet man verhärtete Sandsteine im Schorrengebiet, bei deren Bildung die Sonnenwärme jedenfalls mit thätig war. Hier wurde der Sand durch Kalkcement verkittet. Eine ganze Anzahl ähnlicher Beispiele führt BISCHOF⁴⁾ an.

Sehr häufig machte man die Beobachtung, dass Eisensalze in kurzer Zeit lockere Sedimente verkitten. An der Küste von Florida⁵⁾ bei Osprey, Sarasota Bai u. s. w. bildet sich ein festes Gestein durch

1) KUHLMANN, Wöhl. und Liebigs Annalen 1842, S. 220, ref. im N. Jahrb. für Min. 1844, S. 213.

2) PAPIER, Bull. Soc. Géol. France 1875, S. 46.

3) HAWKSHAW, Quaterly Journal Geol. Soc. 1879, S. 239.

4) BISCHOF, Lehrbuch der Chem. und Physik. Geologie, 1866, II, S. 22.

5) DALL, Americ. Journal 1887, II, S. 103.

eisenhaltige Quellen, welche Kies, Sand, Muschelschalen miteinander verkitten.

Eiserne Bomben¹⁾ umgeben sich am Boden des Rheines mit einem eisenschüssigen Konglomerat.

Ähnliche Bildungen beschreibt FORCHHAMMER²⁾ von den Dünen Dänemarks. Die eisenhaltigen Konglomerate bilden sich nur, wenn Eisen Sauerstoff anzieht; sei es, dass dasselbe vorher Eisenoxydul gewesen ist wie z. B. bei den Sandsteinen, die der reducirenden und auflösenden Wirkung des Torfmoores ihren Ursprung verdanken, oder durch Oxydation von metallischem Eisen. Ueberall wo ein Eisenstück im Strandsande liegt, wird dieser zusammengebacken und bildet eine sehr feste Masse um das Eisen. Hin und wieder ist der Strandsand unmittelbar unter einem Torflager durch Eisen zu einem festen Sandsteine verbunden, eine Mooreisenbildung, die mit dem im Flugsand enthaltenen Titaneisen in Verbindung steht; denn überall in den Dünensthälern findet man, wo die Düne bewachsen ist, dass sich Eisenschichten bilden, welche durch die langsame Einwirkung der Humussäure aus dem Sande ausgewaschen wurden.

Nach MAW³⁾ sind die hierbei entstehenden Farben ein sicheres Kennzeichen für die Art des Eisensalzes, denn Eisenoxyd bildet rothe Gesteine, Eisenoxydhydrat gelbe und braune, Eisenoxydul grüne oder blauschwarze Ablagerungen.

Betrachten wir jetzt mehr im Einzelnen die diagenetischen Vorgänge in den verschiedenartigen Ablagerungen:

I. Die Diagenese mechanischer Ablagerungen ist verschieden, je nachdem es sich um festländische oder marine Bildungen handelt. Festländische Gesteine werden verkittet, marine Gesteine werden entsalzt und verkittet, und in beiden bilden sich später Concretionen. Die Verkittung geschieht durch Kalk oder Eisensalze, Kieselsäure und andere Substanzen. Das Bindemittel⁴⁾ des Wiener Sandsteins besteht entweder

aus FeCO_3	1,3—67,9 %	oder
„ CaCO_3	10,3—96,9 %	„
„ MgCO_3	1,8—31,5 %	„
„ SiO_2 .		

Bei Quarzsandsteinen lagert sich oftmals die verkittende Kieselsäure um die Quarzkörner in solcher Orientirung, dass sich dieselben wieder zu Dihexaedern oder anderen Quarzkrystallen ergänzen und krystallisirte Sandsteine⁵⁾ entstehen. Die ursprüngliche Form⁶⁾ der Quarzkörner in einem Quarzit von Dalekarlien ist nur durch den Staubsaum an ihrer Oberfläche zu erkennen, da das Cement optisch ebenso reagirt, wie die Körner und man sonst das Ganze als ein krystallkörniges Quarzaggregat betrachten könnte.

1) NOEGGERATH, Verh. der Niederrh. Ges., November 1855.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrb. f. Min. 1841, S. 17, 25.

3) MAW, Quarterly Journal Geol. Soc. 1868, S. 351, Taf. XXIV.

4) K. v. HAUER, Jahrb. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1855, S. 42.

5) KNOP, Neues Jahrb. für Min. 1874, S. 282.

6) TOERNERBOHM, das. 1877, S. 210.

Der Potsdamsandstein¹⁾ von New Lisbon (Wisc.) besteht zum Theil aus wohlausgebildeten Quarzkrystallen, die sich um einen oft opaken rundlichen Kern auskrystallisirt haben.

Dass bei dieser Bildung von neuen Mineralien die Krystallkraft grosse Wirkungen auszuüben vermag, sieht man an den von DANA²⁾ beschriebenen, zerbrochenen Krystallen.

Aber nicht nur Quarz, sondern auch andere Mineralien werden bei der Diagenese neugebildet. So findet man in einem Konglomerat³⁾ von Ogishke Muncie (Minn.) Hornblendefragmente, welche später ergänzt und vergrössert worden sind; ebenso sind hier Quarze und Feldspäthe nachträglich vergrössert worden.

Auch lebende Organismen betheiligen sich an der Cementirung von mechanischen Ablagerungen. Die Alge *Euhymenia*⁴⁾ verkittet im Quarnerischen Golfe Sedimentkörner zu faustgrossen Klumpen, und bei Messina fand FUCHS ähnliche Platten von 2—3 m Durchmesser durch Kalkalgen verkittet.

Mytilus und *Pinna*, *Lima* und *Pecten* scheiden oftmals Byssusfäden aus, mit Hilfe deren lockere Sedimente verfestigt werden.

Die Entsalzung mariner Ablagerungen ist ein ungemein wichtiger Vorgang. Denn wenn man bedenkt, welche Mengen von Salz in marinen Ablagerungen ursprünglich enthalten sind, so darf es uns nicht Wunder nehmen, dass in denselben durch Auslaugen des Salzes mancherlei Veränderungen vor sich gehen. Die Soolquellen⁵⁾ des Westphälischen Kreidegebirges entstammen den marinen mesozoischen Schichten. Die Trias bei Helsingborg⁶⁾ enthält noch heute 1,42 % Seesalz; Na, Ka, Mg wurde darin nachgewiesen.

Die Bildung von Concretionen findet bei mechanischen Ablagerungen häufig statt, und zwar in allen Stadien des lithogenetischen Vorganges. Die verwitterten Lateritmassen der Tropenländer enthalten überaus häufig grosse Eisenconcretionen. Am Mittellauf des Baritto⁷⁾ auf Borneo beobachtet man in einem horizontal geschichteten Quarzkonglomerat häufig centnerschwere Knollen und Nieren von braunem Thoneisenstein, die den Dajaks ein gutes Eisen für ihre Waffen liefern.

Die Ebene von Sennar⁸⁾ besteht aus einem Schwemmlande, das oft faustgrosse Eisenconcretionen enthält.

Der Laterit⁹⁾ in Westafrika enthält oft viele sehr grosse Concretionen von Brauneisenstein.

Nicht minder häufig findet man Kalkconcretionen in den Tropen. Im fossilen Nilschlamm¹⁰⁾ am Blauen Fluss sind eine Menge Kalkknollen von Erbsengrösse bis zu $\frac{1}{4}$ Kubikfuss verstreut, die ohne Zweifel Ausscheidungen der im Schlamm vertheilten Kalksalze sind.

1) YOUNG, Americ. Journal 1882, I, S. 257.

2) DANA, das. 1885, II, S. 374.

3) V. HISE, das. 1885, II, S. 234.

4) FUCHS, Verh. Geol. Reichsanstalt 1871, S. 228.

5) HUYSEN, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1855, S. 641.

6) ERDMANN, Neues Jahrb. für Min. 1879, S. 952.

7) HORNER, das. 1838, S. 5.

8) HARTMANN, Zeitschr. für Allg. Ethnologie 1863, I, S. 10.

9) LENZ, Verh. k. Geol. Reichsanstalt 1878, S. 351.

10) RUSSEGER, Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 300.

Die alten Absätze des Ganges, auf denen Benares erbaut ist, enthalten schichtenförmige Zonen von zelligen Kalkconcretionen, die an manchen Stellen die Hälfte der ganzen Ablagerung ausmachen.

Im sandigen Lehm¹⁾ am Parana beobachtete BURMEISTER zahlreiche Gypsconcretionen.

Im Selzthal²⁾ im Mainzer Becken finden sich sogar cölestinhaltige Sandknollen im Löss.

Die als Lössmännchen wohlbekannten Kalkconcretionen treten häufig in den äolischen Lössablagerungen auf.

II. Die Diagenese chemischer Ablagerungen besteht in Verfestigung und krystallinischer Umlagerung des frisch gebildeten Absatzes. Bekannt ist es, dass die Süsswasserkalke durch Liegen an der Luft erhärten. Die Oolithe der Rhede von Sues zeigen den Beginn der Versteinierung, indem man in denselben grössere und kleinere Platten von härterer Beschaffenheit beobachtet, die durch eine Cementirung der Oolithkörner entstehen. Die Verkittung beginnt an kleinen Kernen, dieselben vergrössern sich seitlich, verschmelzen mit benachbarten Partien und bilden dadurch einzelne härtere Bänke zwischen unverkitteten Oolithsand. Man kann die härteren, verkitteten Stellen leicht erkennen an den Colonien von *Mytilus*, welche dieselbe zur Unterlage gewählt haben, und die oftmals mit ihren Schaaalen tief in der Steinmasse eingesenkt sind. Ich habe nicht entscheiden können, ob die Muschelkolonien eine Rolle bei der Verkittung spielen.

Chemisch ausgeschiedenes Kalksulphat ist gewöhnlich wasserfreier Anhydrit. Wenn dann später die Ablagerung entsalzt und von Süsswasser durchsickert wird, so setzt sich der Anhydrit in wasserhaltigen Gyps um. Da diese Umwandlung nur mit einer Gewichtszunahme von 25% geschehen kann, so sehen wir Gypslager häufig vielfach gefaltet und gebogen, während die liegenden und hangenden Schichten keinerlei Lageveränderungen erkennen lassen. Ein Beweis dafür, dass die Faltung der Gypse nicht durch Dislocation bewirkt wurde, sondern eine Folge innerer Umwandlungsvorgänge war.

III. Die Diagenese organischer Ablagerungen fällt zusammen mit jenen Vorgängen, die man als Versteinierungsprocess bezeichnet. Denn es ist ja ganz gleich ob eine einzelne Muschelschale versteinert, und sich dabei verändert, oder ob eine aus Muscheln gebildete Kalkbank durch Diagenese verändert wird. Fossil erhaltungsfähig sind vornehmlich: Cellulose, kohlensaurer Kalk und Kieselsäure, die sich in den Geweben von Pflanzen und Thieren finden.

Die Diagenese der Cellulose besteht wesentlich in der Verdichtung der Pflanzenfaser. Durch Drainiren³⁾ erleiden Torflager eine so beträchtliche Senkung, dass das Whittlesey-Mere im Fennland, welches 5,5 m mächtig war, von 1848—1875 um 2,3 m gesenkt wurde, also ungefähr die Hälfte seiner ursprünglichen Mächtigkeit verlor.

Ausser der Verdichtung vollziehen sich aber im Innern der Celluloselager chemische Umwandlungen, die v. GUEMBEL⁴⁾ als Inkohlung bezeichnet.

1) BURMEISTER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1858, S. 425.

2) GERGENS, Neues Jahrb. für Min. 1855, S. 172.

3) Nach SUSS, Antlitz der Erde II, S. 531.

4) v. GUEMBEL, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. München 1883, S. 190.

Er versteht darunter die Ausscheidung kohligter Substanzen (Carbohumini), die in der Cellulosemasse gelöst enthalten waren. Durch noch nicht genauer untersuchte Vorgänge wird nämlich in verwesender Cellulose ein Theil der Pflanzenfaser gelöst, ein anderer Theil bleibt unverändert zurück. Wird dann das gelöste Carbohumin wieder ausgeschieden, so entsteht eine, oft structurlose, Kohlenmasse, in der nur wenige Reste unzerstörten Pflanzengewebes vertheilt sind.

Die Ausbildung und Umänderung angehäufter Pflanzenreste in Kohle geht ohne wesentlichen Einfluss von grossem Druck oder hoher Wärme vor sich, denn selbst die Rinde aufrechtstehender Kohlenstämme, die nie gepresst worden ist, findet man in Glanzkohle umgewandelt.

Obwohl die kohlige Diagenese der Cellulose die Regel ist, so finden doch auch andere Veränderungen in versteinernem Pflanzengewebe statt. Im¹⁾ fossilen Nilschlamm am blauen Nil sind viele Hölzer eingeschlossen. Die Stücke von *Mimosa*, ein festes, sehr hartes Holz, sind ganz in eine kalkigthonige halbkrySTALLINISCHE Materie umgewandelt, während die Stücke von *Asclepias*, deren schwammiges milchführendes Holz im Innern sehr weich ist, nur in der Rinde erhalten sind, während das Innere mit Schlamm oder Konglomerat erfüllt ist. Mimosenstämme wuchsen aus Wurzeln hervor, deren untere Enden schon versteinert waren.

Die versteinerten Pflanzenreste des Cypridinenschiefers²⁾ sind durchaus Kalkversteinerungen d. h. die Gewebe sind durch kohlen-sauren Kalk ausgefüllt. Die dunkle, beinahe schwarze Farbe derselben zeigt jedoch, dass der Infiltration durch das gelöste Versteinerungsmittel, eine Verkohlung der Pflanzensubstanz vorausging.

Eine secundäre Erscheinung ist es wohl, wenn im Mainzer Becken³⁾ *Pinus*zapfen sich in sandigen Barytkugeln finden, denn auch *Natica glaucinoides* ist dort in Baryt umgewandelt.

Nicht selten beobachtet man auch Metallsalze als Versteinerungsmittel von Pflanzenresten. Nothwendig hierfür ist geringe Concentration der Lösung⁴⁾. Fassdauben wurden in 150 Jahren von den Eisenringen aus vererzt, und GOEPPERT hat durch sinnreiche Versuche die Imprägnation von Pflanzenresten mit Eisensalzen nachgeahmt.

Leicht verständlich ist es, dass so oft eine Verkieselung von fossilen Pflanzen beobachtet wird. Denn, wie wir S. 668 gesehen haben, enthalten so viele Pflanzen schon im Leben Kieselsäure, dass es nicht Wunder nehmen kann, wenn diese Gewebe später noch weitere Mengen von Kieselsäure aufnehmen.

Die Diagenese organischer Kalke ist ein ziemlich mannichfaltiges Problem, denn die weite Verbreitung organischer Kalklager, ihre Bildung auf dem Festland wie in der Tiefsee, bringt es mit sich, dass sie später sehr verschiedenartigen Umwandlungsvorgängen unterworfen werden. Wir können nur einzelne charakteristische Beispiele herausgreifen.

1) RUSSEGGER, N. Jahrb. f. Min. 1838, S. 300.

2) UNGER, Denkschr. Acad. der Wissensch. Wien XI, S. 141.

3) SANDBERGER, Neues Jahrb. für Min. 1854, S. 421.

4) GOEPPERT, Poggend. Annalen 1836, XXXVIII, S. 561, 1837, XLII, S. 593.

Die durch Florideen ausgeschiedenen Kalkmassen spielen als Kalkalgenlager eine grosse Rolle in der Gegenwart wie in der Vergangenheit. Vergleicht man recente und tertiäre *Lithothamnien*, so stellt sich heraus, dass in letzteren die organische Substanz fast verschwunden ist.

	Recente Algen	Fossile Algen enthalten
	CaCO ₃ 85,87 %	97 %
Org. Substanz		
und Wasser	5,06 %	0,28 %

Da der tertiäre Kalk, trotzdem er unter dem Mikroskop seine phytogene Natur leicht erkennen lässt, völlig weiss ist, und keinerlei kohlige Verfärbung zeigt, so muss die organische Substanz fast vollständig als Gas verschwunden sein. Wie HOPPE SEYLER¹⁾ gezeigt hat, kann Cellulose unter der Einwirkung gewisser Mikroben einem Gährungsprocess unterliegen, der Methan und Kohlensäure liefert. Wir begegnen also hier wiederum einem Vorgang der Diagenese, welcher durch Spaltpilze veranlasst zu werden scheint.

Nehmen wir an, dass in allen Theilen des Algenkalkes, noch während sich derselbe unter Wasser befand, jene Kohlensäureentwicklung erfolgte, so musste der ganze phytogene Kalk von kohlensäurehaltigem Wasser durchtränkt werden. Diese endogene Kohlensäure²⁾ wirkte lösend und umkrystallisierend auf den Kalk und so geschah es, dass derselbe in strukturlösen dichten Kalk umgewandelt wurde. Das zur Umkrystallisierung eines Kalkes nöthige Wasser bringt also nicht nothwendig seine Kohlensäure von aussen her mit, sondern kann dieselbe auch im Gestein selbst finden. Es erklärt sich auf diese Weise leicht, wie strukturlöse Kalkbänke mit struirten Bänken wechsellagern können. Denn wenn die für die Umwandlung eines Algenlagers in dichten Kalk nöthige Kohlensäure nicht von aussen hineingetragen wird, so können nur diejenigen Bänke umkrystallisiren, in denen sich Kohlensäure bildete, während die damit wechsellagernden Bänke in denen jene Kohlensäuregährung nicht stattfand, auch nicht ihre ursprüngliche Struktur verlieren mussten.

Ueber die Diagenese thierischer Kalkreste verdanken wir DESERRES³⁾ interessante Beobachtungen. Derselbe verglich lebende (L) Mittelmeermuscheln mit abgestorbenen (A) und fossilen (F) Resten derselben Art um festzustellen, wann und in welcher Weise diese Schalen verändert wurden:

	Organische Substanz			Kohlensaurer Kalk		
	L	A	F	L	A	F
<i>Ostrea esculenta</i>	3,9	1,0	0,8	93,9	96,8	96,5
<i>Pecten glaber</i>	3	0,9	0,7	96,0	97,0	96,7
<i>Venus similis</i>	3	—	1	96	—	97,9
<i>Pectunculus glycymeris</i>	2,4	0,7	0,8	97,2	99	98,4
<i>Cardium tuberculatum</i>	2	0,8	0,5	97	98,7	98,8

Man erkennt daraus, dass die Muscheln abgestorbener Seethiere schon am Meeresboden verändert werden, ihre organische Substanz verlieren und kohlensaurer Kalk aufnehmen.

1) HOPPE SEYLER, Zeitschr. für Physiol. Chemie 1886, S. 201.

2) WALTHER, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1886, S. 239.

3) DE SERRES, Compt. Rend. Acad. Paris 1846, XXII, S. 1050.

Auf Grund der Untersuchungen von ROSE¹⁾ hat man lange Zeit angenommen, dass alle solche Molluskenschaalen, welche aus Aragonit bestehen, leicht löslich, dagegen die aus Kalkspath bestehenden Reste erhaltungsfähig seien.

Aber erneute Studien von v. GUEMBEL²⁾ haben gezeigt, dass die Löslichkeit des Kalkkarbonats in erster Linie auf dem Aggregatzustand des Materials beruht, und dass daher das Verhältniss, ob Aragonit oder Kalkspath vorliegt, ohne ausschlaggebende Bedeutung ist. Ausserdem bildet aber die Menge, die Derbheit und die Verbindung, welche zwischen den organischen Substanzen und den Kalksalzen besteht, ein höchst wichtiges Moment.

Sehr lehrreich sind noch die Beobachtungen CARPENTERS und STELZNERS³⁾ über Crinoidenskelette. Denn hier lässt sich zeigen, dass zwischen die Maschen des ursprünglichen Kalkskelettes nachträglich Kalk eindringt.

Am leichtesten lässt sich die Diagenese an Korallenstöcken beobachten. Während eine lebende Riffkoralle oft so weich und zerbrechlich ist, dass man sie kaum in grösseren Stücken aus dem Wasser nehmen kann, zeigen abgestorbene Korallen eine wesentlich härtere Consistenz.

Eine lebende *Coeloria* ist leicht mit dem Hammer zu zerschlagen, ein todter *Coeloriastock* bedarf schon grösserer Kraft, um ihn zu zerkleinern. An subfossilen Riffkalken kann man die Umwandlung des zelligen Kalkskelettes in dichten krystallinischen Kalk oft in den schönsten Uebergängen beobachten.

Die porösen und feinzelligen Korallen⁴⁾, wie *Porites*, verlieren zuerst ihre charakteristische Struktur. Gewöhnlich gehen sie über in ein drusiges Stadium, wo sie einen zuckerähnlichen Habitus besitzen; endlich werden sie durch die beständige Durchsickerung mit kalkhaltigem Wasser vollkommen dicht und bieten dann dem Auge keinerlei Struktur da.

Das subfossile Korallenriff, welches die kleine Insel Ramesveram⁵⁾ an der Nordküste von Ceylon umsäumt, zeigt auf wenige Kilometer Entfernung einen solchen Wechsel in dem Erhaltungszustand der Korallen, dass man sich dort leicht davon überzeugt, wie wechselnd die Vorgänge der Diagenese selbst in nahe beieinanderliegenden Theilen desselben Rifffes verlaufen.

Von grosser Wichtigkeit ist die Dolomitisirung der organischen Kalle.

Es gibt eine Reihe von Thieren, welche kohlensaure Magnesia in ihren Skeletten enthalten:

Orbitolites complanata enthält 12,52 % MgCO_3

Nubecularia novorossica „ 26,— % MgCO_3

in Korallen und Bryozoen, Muscheln und Schneckenschaalen, sogar in Kalkalgen zeigen die Analysen mehrere Procente von kohlensaurer Magnesia.

1) ROSE, Abh. Acad. d. Wissensch. Berlin 1858.

2) v. GUEMBEL, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, S. 386.

3) STELZNER, Neues Jahrb. für. Min. 1864, S. 565.

4) GUPPY, The Solomon Islands, S. 73.

5) WALTHER, Petermanns Erg.-Heft No. 102, S. 18.

Aber gegenüber dem Magnesiagehalt älterer Kalksteine lässt sich die Ansicht nicht vertheidigen, dass dieselben durch solche Thierreste direkt gebildet worden seien. DANA¹⁾ fand auf Matea ein Korallengestein mit 38 % Magnesiicarbonat, ich²⁾ beobachtete auf dem G. Hamam Mûsa an der Sinaihalbinsel, 230 m über dem Meere, einen tertiären Korallenkalk mit 40 % kohlensaurer Magnesia. Von Wichtigkeit scheint es mir auch, darauf hinzuweisen, dass der Dolomitgehalt älterer Kalksteine lokal grossen Schwankungen unterworfen ist. v. HUBERT³⁾ fand in 24 südtiroler Kalksteinen 0,8—37,8 % Bittererde; REINSCH⁴⁾ untersuchte die Jurakalke von Franken, und fand, dass der Dolomitgehalt nicht gesetzmässig vertheilt ist, sondern innerhalb derselben Bank grossen Wechsel zeigt.

Eine andere von mir beschriebene Thatsache ist ebenfalls geeignet, die Frage der Dolomitbildung zu klären. In dem oben erwähnten Korallendolomit des G. Hamam Mûsa erkennt man grosse Schalen von *Tridacna*. Zwar sind dieselben fest im Gestein eingesenkt, aber es gelingt doch, grössere Bruchstücke der Schale herauszuschlagen. Eine Analyse der Schalensubstanz ergab 43,4 % Bittererde, also fast normalen Dolomit. Da in lebenden Muschelschalen nur wenige Procente von kohlensaurer Magnesia gefunden werden, und da auch die mikroskopische Untersuchung der Schale lehrt, dass dieselbe hochgradig verändert ist, so liegt hier ein zweifelloser Fall vor, von der Umwandlung einer magnesiaarmen Schale in fast normalen Dolomit.

Völlig ausgeschlossen ist die Annahme, dass die dazu nöthige Magnesia durch Eindampfen eines Meeres geliefert worden sei, denn der betreffende Korallenkalk bildet den Rücken eines vollkommen isolirten Bergzuges; auch vulkanische Dämpfe können, bei der Abwesenheit jedes vulkanischen Gesteins, ausgeschaltet werden.

Es bleibt somit nur die Annahme übrig, dass die kohlensaure Magnesia auf diagenetischem Wege aus dem Meerwasser niedergeschlagen wurde, und zwar liegt es nicht fern, zu vermuthen, dass auch hier ein durch Bakterien veranlasster specifischer Fäulnissprocess, die Bittererde aus der im Seewasser enthaltenen schwefelsauren Magnesia (5,5—6,4 %) zum Absatz gebracht habe, in ähnlicher Weise wie wir S. 660 den Absatz kohlensauren Kalkes im marinen Grundwasser geschildert haben.

Es deckt sich diese Ansicht in vielen wesentlichen Punkten mit der von DOELTER und HOERNES⁵⁾ ausgesprochenen Meinung: dass zahlreiche und mächtige, schwach dolomitische Kalkmassen unmittelbar durch die Thätigkeit der Organismen im Meere abgelagert worden sind. Einzelne, kleinere Vorkommen von Normaldolomit wurden durch spätere Metamorphose, durch Einführung von kohlensaurer Magnesia gebildet. Der grösste Theil, der an Magnesia mehr oder weniger reichen Dolomite wurde aus den kalkigen Secretionen der Meeresorganismen durch Einwirkung der im Meerwasser enthaltenen Magnesia-

1) DANA, Corals and Coral Islands, S. 356.

2) WALTHER, Abh. d. k. S. Ges. der Wissensch. 1888, No. X, S. 488.

3) v. HUBERT, Jahrb. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1850, S. 731.

4) REINSCH, Neues Jahrb. für Min. 1859, S. 385.

5) DOELTER und HOERNES, Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1875, S. 331.

salze (vorwiegend wohl ClMg), während, oder kurz nach der Ablagerung gebildet. Spätere lokale Differenzierung des Magnesiumgehaltes wurde durch Zirkulationswasser bewirkt, welches stellenweise Auslaugung und Concentration herbeiführte.

Auch die Phosphoritbildung ist ein diagenetischer Vorgang. Auf oceanischen Koralleninseln bilden sich bekanntlich in regenarmen Regionen Anhäufungen von Vogelmist, die als Guano eine grosse Bedeutung gewinnen.

Auf Sombbrero¹⁾ wie auf Curaçao²⁾ sind die liegenden Korallenkalke durch den Guano in phosphorsauren Kalk umgewandelt. Obwohl bisweilen die Korallenkelche noch ausgezeichnet erhalten sind, so besteht der Stock doch aus Phosphorit. Auf Curaçao reicht diese umgewandelte Kalkzone 218 m unter den Meeresspiegel, der Kalk selbst hat eine Mächtigkeit von 20 m.

Dass übrigens nicht allein durch Guano die Phosphorsäure geliefert wird, beweisen die phosphorsauren Kalke der Lahngegend³⁾, die dieselbe durch Auslaugung der nahen phosphorhaltigen Diabase erhielten. Andere Phosphorite⁴⁾ entstanden durch Auslaugung phosphorhaltiger Schiefer.

Durch Einwirkung schwefelhaltiger Quellen wandeln sich Korallenkalke sogar in Gyps um, oder sind mit Schwefelpulver imprägnirt. Solche diagenetische Vorgänge beobachtet man an verschiedenen fossilen Korallenfelsen der Sinaihalbinsel bei Tor, sowie am G. Set⁵⁾, G. Kebrit und bei Gimsäh⁶⁾ an der Westküste des Rothen Meeres. Hier findet man 2 mm grosse Schwefelkrystalle dem, in 6 m dicke Bänke zerfallenden, Gyps eingesprengt. Die Gypsfelsen sind umgewandelte Korallenkalke.

Das Problem der Bildung mariner Eisengesteine scheint ebenfalls zur Diagenese zu gehören. Denn in den Eisenoolithen sind nicht nur die oolithischen Sedimente, sondern oftmals auch die darin vorkommenden Fossilien vererzt. Leider habe ich nur wenige Detailuntersuchungen darüber finden können, wie solche diagenetische Vererzung eines ursprünglichen Kalklagers stattfindet. Von marinen Vorkommnissen verweise ich auf die früher (S. 215) beschriebenen Globigerinen, welche einen eisenreichen Steinkern umschliessen.

Bei der Schiffbarmachung der Dschumna⁷⁾ in Indien, fand man viele fossile Säugethierknochen, welche theilweise schwarzbraun und glänzend waren, einen muscheligen Bruch erkennen liessen und fast ganz in Eisenoxydhydrat umgewandelt waren, während der Schmelz der Zähne ganz weiss geblieben war.

Auch die Verkieselung organischer Kalkreste und Kalklager gehört in das Gebiet der Diagenese. Wie schon v. BUCH⁸⁾ betont, findet die Verkieselung organischer Kalkreste, nie auf der Schale selbst statt, sondern setzt stets eine vorexistirende organische Materie

1) SANDBERGER, Neues Jahrb. für Min. 1864, S. 631, Ref.

2) MARTIN, Petermanns Mith. XXXIV, Lit., S. 97.

3) PETERSEN, Verh. k. Geol. Reichsanstalt 1868, S. 346.

4) SCHWACHHOEFER, Jahrb. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1871, S. 214.

5) G. SCHWEINFURTH, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1865, S. 208.

6) G. SCHWEINFURTH, Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde. Berlin 1868, S. 525.

7) Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 445.

8) v. BUCH, das. 1831, S. 465.

voraus. Darin bildet sich nun eine kleine Kugel von Kieselsäurehydrat, welcher sich erhebt, ausdehnt und verdichtet. Um den ersten Kieselsäurekern bildet sich später ein Kieselsäurering, und indem solche Ringe immer aufs Neue sich ansetzen, wandelt sich endlich die ganze Masse in Kieselsäure um. Andere Beobachter¹⁾ haben diesen Vorgang nur bestätigen können.

Auf diese Weise werden nicht nur einzelne Fossilien (Anstern in Aegypten, Korallen in Nattheim etc), sondern ganze Kalkfelsen (Kalk vom Iberg) langsam mit Kieselsäure imprägnirt.

Die Frage nach der Bildung der Feuersteinknollen in der Schreibkreide ist in der Mitte dieses Jahrhunderts vielfach Gegenstand der Discussion gewesen, und während die einen Autoren für alle Flinte annahmen, dass sie Kieselschwämme gewesen seien, haben andere diese Meinung ebenso grundsätzlich bekämpft. Darüber kann kein Zweifel herrschen, dass manche Feuersteine Spongien sind. Ich besitze eine Flintknolle, deren Inneres so zweifellos das Kanalsystem einer Spongie zeigt, in der noch die Nadeln theilweise freiliegend gefunden werden, dass kein Zweifel über die Entstehung des Gebildes herrschen kann. Ebenso sicher aber ist es, dass andere und zwar die Mehrzahl der Flintknollen diagenetisch entstandene Concretionen sind. Bald haben sie sich um eine *Belemnitella*, bald um eine *Rhynchonella* gebildet, oder man findet sie als Steinkerne von *Ananchytes*.

Gerade an diesen Seeigelschaalen kann man beobachten, dass die Kieselsäurelösung erst den Hohlraum auskleidet, dann aus Mund- und Afterlücke herauswächst, und endlich auch die äussere Oberfläche des Seeigels umhüllen kann.

In der obengenannten Spongie liegen viele halb oder ganz verkieselte benthonische Foraminiferen (*Rotalia*, *Textularia* u. s. w.), welche auch dafür sprechen, dass schwache Kieselsäurelösungen die Kreide durchtränkt haben und später an einzelnen Stellen zur Ausfällung kamen. Sogar kleine gangartige Feuersteinausscheidungen sind an den Felsen von Jasmund zu beobachten.

Schwieriger ist die Frage zu beurtheilen woher die Kieselsäure stammt. Denn nach den Untersuchungen von RUEST können nicht aufgelöste Radiolarienschaalen als Quelle derselben angenommen werden.

IV. Betrachten wir zum Schluss noch die Diagenese vulkanischer Ablagerungen, so ist dieselbe bei Laven ziemlich einfach. Wie JUDD²⁾ wahrscheinlich macht, wachsen die Krystalle in der Lava nicht nur während, sondern auch nach dem Erkalten. In den Blasenräumen und Dampfporen scheiden sich Krystalldrüsen aus, wodurch die Laven später als Mandelsteine erscheinen. Von den kleinen Zeolithmandeln bis zu grossen Achatdrüsen findet man alle Uebergänge. Während sich die früher betrachteten Concretionen von einem Centrum aus peripherisch wachsend entwickeln, bilden sich diese Drüsen und Mandeln als Secretionen von der Wand des Hohlraumes nach Innen wachsend.

1) Vergl. A. BRONGNIART, Neues Jahrb. f. Min. 1832, S. 297.

DEIKE, das. 1854, S. 632.

2) JUDD, Quaterly Journal Geol. Soc. 1889, S. 175,

Die Soolquellen¹⁾ der Pfalz sind Auslaugungen aus den Melaphyren. Man kann sogar durch Kochen des Melaphyrs mit Wasser eine Salzlösung mit ganz ähnlichen chemischen Eigenschaften erzeugen.

So werden leicht lösliche Bestandtheile aus der Lava ausgewaschen, und endlich beginnt die früher geschilderte Verwitterung als Fortsetzung der Diagenese.

Die Diagenese der Tuffe besteht in der Verhärtung der lockeren Aschen, Auslaugung der in Wasser löslichen Bestandtheile, und endlich in der Bildung von Concretionen. Nordöstlich der Solfatara wird ein Tuff gegraben, in dem sich der Eisengehalt zu runden Concretionen verdichtet hat.

Werfen wir jetzt einen Rückblick auf die bisher betrachteten Erscheinungen der Diagenese, so müssen wir nochmals betonen, dass gerade hier viel wichtiges noch wenig untersucht ist. Es mag sein, dass in der Literatur noch manche einzelne wichtige und interessante Angabe zu finden ist, die mir entging; aber an methodischen Untersuchungen fehlt es, und es eröffnet sich hier ein Feld der interessantesten Studien.

Besonders möchte ich auf die Wichtigkeit der Spaltpilze für viele Vorgänge der Diagenese hinweisen. Manche bisher durch chemische und physikalische Experimente noch nicht aufgeklärte Veränderung mechanischer und organischer Ablagerungen dürfte auf Umwandlungen im marinen Grundwasser unter Vermittlung der Bakterien zurückgeführt werden können.

1) LASPEYRES, Z. der deutsch. geol. Ges. 1868, S. 186.

14. Die Metamorphose.

In dem einleitenden Kapitel haben wir auf den Unterschied hingewiesen, der zwischen einer Ablagerung und einem Gestein besteht. Die Ablagerung ist eine Bildung der Gegenwart, das Gestein wurde in der geologischen Vergangenheit gebildet.

Aber nächst diesem, mehr ideellen Gegensatz zwischen Ablagerung und Gestein, beobachten wir oftmals auch thatsächliche Unterschiede in den Eigenschaften beider Gebilde. Statt der lockeren vulkanischen Aschen, sehen wir verkittete Tuffsteine, statt der recenten Muschelbänke beobachten wir krystallinische Kalke, und thonige Schlammmassen treten uns in der Erdrinde als Schiefergesteine entgegen.

Die Umänderungen der physikalischen und der chemischen Beschaffenheit ehemaliger Ablagerungen in Gesteine, vollzieht sich theilweise schon während, oder wenigstens kurz nach Abschluss der Ablagerung. Und diese Umwandlungsvorgänge, welche, ohne das Hinzutreten specifischer metamorphosirender Kräfte, Ablagerungen in Gesteine verwandeln, haben wir als Diagenese in dem letzten Abschnitt besprochen.

Aber es giebt noch andere Unterschiede, welche wir zwischen den am Aufbau der Erdrinde selbst beteiligten Gesteine leicht beobachten können; Unterschiede, welche eine so abgegrenzte Verbreitung in der Erdrinde besitzen, dass wir specifische, zeitlich und räumlich begrenzte Kräfte annehmen müssen, als deren Wirkung jene Umwandlungen erscheinen. Wir nehmen solche metamorphische Eigenschaften wahr, wenn wir ein Gestein von einem vulkanfreien Gebiet nach der Ausbruchsstelle eruptiven Materials verfolgen, wir erkennen ähnliche Gesteinsveränderungen, wenn wir von einem ungestörten Tafelland gegen eine Gebirgsfalte vorschreiten. Wir sehen diese Umwandlungen da am deutlichsten ausgebildet, wo die Einwirkung vulkanischer Wärme und des Gebirgsdruckes am heftigsten gewesen sein muss.

Man pflegt zu betonen, dass es vier metamorphosirende Kräfte giebt, nämlich: Druck, Wärme, Feuchtigkeit und Zeit; und dass die oft so verschiedenartigen Wirkungen der Metamorphose durch die wechselnde Combination dieser vier Faktoren bedingt sei.

Obwohl in der Mehrzahl der Fälle auch thatsächlich diese vier Kräfte gemeinsam thätig sind, indem sie sich gegenseitig unterstützen und ihre Wirkung steigern, so scheint es uns nützlich, hier abzusehen

von diesen verwickelten Combinationen, und soweit es möglich ist, die metamorphosirenden Ursachen isolirt zu betrachten.

Und so folgen wir dem Sprachgebrauch, indem wir nach dem Vorwiegen der einen oder anderen Kraft, die Metamorphose durch vulkanisches Magma, oder die Kontaktmetamorphose, von der Metamorphose durch Gebirgsdruck, oder Druckmetamorphose unterscheiden.

I. Die Kontaktmetamorphose ist unter allen Umständen räumlich an die Nähe eines eruptiven Gesteins gebunden. Zwar haben nicht alle Eruptivgesteine Kontaktwirkungen erzeugt, aber wo wir die letzteren sehen, da finden wir auch einen vulkanischen Herd.

Die Wirkungen der Kontaktmetamorphose sind folgende:

- 1) werden Mineralien und Gesteine geschmolzen, und verlieren petrographische Eigenschaften, die sie vorher besaßen. (Fritting, Verglasung u. s. w.);
- 2) bilden sich neue chemische Verbindungen zwischen vorher getrennten Atomen, und neue Krystalle von vorher nicht vorhandenen Mineralien. (Kontaktmineralien.)
- 3) ändert sich die chemische Bauschalyse des durch Metamorphose veränderten Nebengesteins, indem Atomgruppen darin auftreten, welche vorher in den Dämpfen des Eruptivgesteins enthalten waren;
- 4) verschwindet in einzelnen Fällen die Schichtung von Kalksteinen.

Die Kontaktmetamorphose ist im Allgemeinen an der Berührungsstelle der beiden Gesteine am stärksten, und nimmt von hier in einzelnen Zonen graduell ab.

Betrachten wir zuerst einige Beispiele von Kontaktmetamorphose durch Granit.

Am Granit von Barr-Andlau in den Vogesen fand ROSENBUSCH¹⁾ drei Zonen gesteigerter Kontaktwirkung. Zu äusserst sind die Steiger Schiefer in Knotenthonschiefer (Fleck-, Frucht- oder Knotenschiefer mit unveränderter Grundmasse), dann näher am Granit in Knotenglimmerschiefer (mit krystallinisch gewordener Grundmasse), endlich in Andalusithornfelse umgewandelt.

Der silurische fossilführende Sandstein von Guéméné in Frankreich²⁾ zeigt in der Umgebung des dortigen Granitstocks folgende Veränderungen: Indem man sich dem Granit nähert, sieht man zu äusserst die Quarzbruchstücke sich abrunden oder hexagonal werden, neben dem die Sandkörner verkittenden weissen Glimmer und Thon findet sich schwarzer Glimmer ein; noch näher am Granit treten Sillimanit und Cordierit auf, und endlich sehen wir im Granitkontakt den Sandstein verwandelt in ein Gestein, das aus Zirkon, Apatit, Quarz, schwarzem Glimmer, Sillimanit, Cordierit, Eisenoxyd, Rutil, Orthoklas, Oligoklas, Mikroklin und weissem Glimmer besteht.

Der Turmalingranit von Eibenstock³⁾ hat die Phyllite, in denen er erstarrte und erkaltete, hochgradig metamorphosirt. Als erstes An-

1) ROSENBUSCH, Die Steiger Schiefer und ihre Kontaktzone 1877.

2) BARROIS, Ann. Soc. Geol. du Nord. Lille 1884, XI, S. 139.

3) CREDNER und DALMER, Erl. zur Geol. Sp.-Karte von Sachsen, Section Schneeberg 1883, S. 36.

zeichen der beginnenden Metamorphose pflegen sich in der sonst noch völlig unveränderten Schiefermasse spärliche blasse, sowie kleine, unregelmässig vertheilte dunkle Flecke einzustellen, die grösser werden und die Form von Getreidekörnern, seltener von Büscheln oder Garben annehmen. Es ist dieses erste Stadium der „Fruchtschiefer mit unveränderter Schiefermasse“. Weiterhin erhalten die Schiefer einen lebhafteren Glanz und einen krystallinischeren Habitus. Es haben sich grössere Blättchen von Kaliglimmer und Quarzkörnchen ausgeschieden, statt des Chlorits entwickelt sich brauner Magnesiaglimmer, sowie spärliche Rutilnadelchen.

In noch grösserer Nähe des Granites nehmen die Schiefer eine feinschuppige Textur an, die Glimmerblättchen werden mit blossen Auge sichtbar, und es tritt spärlicher Andalusit auf.

Das letzte, höchste Stadium der Metamorphose endlich stellt sich dar, als ein undeutlich schiefriges, bis völlig massiges, durch und durch schuppig-krystallinisches Gestein, der Andalusitglimmerfels, der aus Kali- und Magnesiaglimmer, Quarz und Andalusit besteht.

In der westlichen Lausitz¹⁾ sind die Grauwackengesteine durch Granit metamorphosirt. Es entstanden dabei krystallinische Grauwacken, Knoten- und Fleckengrauwacken und Quarzglimmerfels. Das wesentlichste Neubildungsprodukt ist der Muskovit, ausserdem treten lauchgrüner Glimmer, Biotit, Quarz, Feldspath und Turmalin als neugebildete Mineralien auf. Muskovit, Feldspath und Cordierit finden sich mit skelettartigem Bau.

In den durch Kontaktmetamorphose veränderten Kieselschiefern von Burkhardtswalde²⁾ ist die darin fein vertheilte kohlige Substanz zu Graphit geworden.

Der Syenit bildet vielfach ganz ähnliche Kontakthöfe. Bei Miltitz³⁾ sind silurische Gesteine metamorphosirt. Die Thonschiefer und schieferigen Grauwacken sind in Andalusitbiotitschiefer, Andalusitglimmerfels oder Sillimanit führende Quarzbiotitschiefer; in weiterer Entfernung aber in Knotenglimmerschiefer mit Cordierit und Quarzbiotitschiefer verwandelt. Die Kiesel- und Alaunschiefer enthalten selbst fern vom Contact noch zahlreiche Andalusite in Form von Chiastolith; die Diabastuffe wurden zu dünnplattigem Strahlstein, und Anthophyllitschiefer unter gleichzeitiger Neubildung von Orthoklas und Plagioklas; während die damit verbundenen Kalklager zu grobkrySTALLINISCHEN Marmor umgewandelt wurden mit Neubildung von Granat, Vesuvian, Epidot, Zoisit, Augit, Hornblende, Biotit, Cordierit und Anthophyllit.

Als Beispiel für Diorit-kontakt wähle ich die Tonalite⁴⁾ der Adamellogruppe, wo die Kontakterscheinungen bis auf 14 km Entfernung vom Eruptivgestein verfolgt werden können. Hier sind in der äusseren Zone Gneisse und Glimmerschiefer durch Neubildung von Cordierit, Andalusit und faserigem Orthoklas verändert. In der inneren Kontaktzone finden sich bei überwiegendem Auftreten von Cordierit

1) HERMANN & WEBER, Neues Jahrb. für Min. 1890, II, S. 187.

2) BECK & LUZI, das. 1891, II, S. 32.

3) CREDNER & SAUER, Erl. zur Geol. Sp.-Karte von Sachsen 1889, Section Meissen, S. 68.

4) SALOMON, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Berlin 1890, S. 501.

und Andalusit richtungslos struirt Cordieritfelsen, das Gestein ist basischer und die Vermuthung liegt nahe, dass auch diese Eigenschaft eine durch Metamorphose erworbene ist. Einzelne im Tonalit ¹⁾ eingeschlossene Bruchstücke sind in Amphibolit, Pyroxenit und Amphibolgneiss verwandelt; wie SALOMON hervorhebt zeichnen sich die bei derartiger Kontaktmetamorphose entstehenden Mineralien wie Cordierit, Andalusit, Orthoklas, Plagioklas, Quarz, Muskovit, Biotit, Hornblende, Augit, Titanit, Turmalin durch eine siebartige, skelettartige oder schwammige Struktur aus, die man als „Kontaktstruktur“ bezeichnen darf.

Auch Diabas wirkt als Kontaktgestein metamorphosirend. Bei Weilburg ²⁾ erhalten die oberdevonischen Cypridinschiefer mit eingeschlossenen Kalkknollen eine optisch deutlich erkennbare Grundmasse und werden in Kalksilikathornfelse mit Granat und anderen, wegen ihrer Kleinheit schwer bestimmbaren Mineralien verwandelt.

In New-Jersey ³⁾ ist im Liegenden der Diabase ein obertriassischer Schiefer in Hornfels, oft mit reichlichem Turmalin; Arkosesandstein ist in ein weisses Gestein von Felsspath, Quarz, Hornblende und Zirkonkörnern metamorphosirt. Auch Kalksilikathornfelse sind als Kontaktgesteine vorhanden.

Die lösende, zersetzende Wirkung der Kontaktwärme wird noch wesentlich erhöht durch Gase und Dämpfe; und da Exhalationen ⁴⁾ von Schwefelgas, schwefliger Säure, Salzsäure, Kohlensäure, Flusssäure, Schwefelsäure, Eisenchlorid, Chlornatrium, Chlorkalium und anderen Verbindungen in den Fumarolen des Vesuv beobachtet wurden, so ist es leicht verständlich, dass diese Gase eine wichtige Rolle in der Kontaktwirkung vulkanischer Hitze spielen. Die blosse Temperaturerhöhung bei vulkanischen Eruptionen reicht z. B. nicht aus um Sandstein zu schmelzen; aber bei Anwesenheit ⁵⁾ von sublimirtem Chlornatrium wird dieses in der Hitze bei Gegenwart von Silikaten durch Wasserdampf in Natron und Salzsäure zerlegt. Das Natron schmilzt (ähnlich wie bei Bildung der Glasur des gemeinen Steingutes) mit den Silikaten zu Glas zusammen, und solche verglaste, gefrittete Sandsteine sind eine häufige Begleiterscheinung vulkanischer Eruptionen.

Während glasig oder felsitisch erstarrte Eruptivgesteine häufig keine, oder doch nur eine sehr geringfügige Metamorphose auf ihr Nebengestein ausgeübt haben, finden wir in der Regel die Kontaktmetamorphose um so deutlicher und wirksamer ausgebildet, je mehr das Eruptivgestein vollkrystallinisch erstarrt ist. Da sich nun diese vollkrystallinischen Gesteine, wie Granit, Syenit, Diorit durch ihren petrographischen Charakter und ihre geologische Lagerung als „Tiefengesteine“ charakterisiren, da wir berechtigten Grund zu der Annahme haben, dass sie überaus langsam erstarrten, so ist der Schluss unabweisbar: dass die stärkere Kontaktwirkung dieser Tiefengesteine wesentlich eine Folge der langsamen Abkühlung ist.

1) SALOMON, Neues Jahrb. für Min. 1891, Beilageband VII, S. 482.

2) GREIM, Neues Jahrb. für Min. 1888, I, S. 23.

3) ANDREAE & OSANN, Verh. des Naturhist. med. Vereins. Heidelberg, N. F. V, 1., 1892.

4) J. ROTH, Der Vesuv, S. 310.

5) ROTH, Allg. und Chem. Geologie, III, 1, S. 73.

Folgende Beispiele erläutern das Verhalten von geschichteten Gesteinen: Die ungleiche Beschaffenheit ¹⁾ der durch Kontaktmetamorphose veränderten Schichten des Buntsandsteines, an der Stopfeskuppe bei Eisenach, tritt in dem ungleichen Verhalten hervor: einzelne Lagen sind vollständig zu grünem Glas zerschmolzen, andere sind nur gefrittet.

Der krystalline Kalk ²⁾ im Kontakthof des Granits bei Berggrüss-hübel verdankt seine dunkelgraue Streifung einem, meist lagenweise angereicherten kohligen Pigment.

Am Hornblendegranit bei Weesenstein, wo ein ehemaliger Thonschiefercomplex mit dünnen Lagen oder dickeren Bänken von Kalkstein metamorphosirt ist, wurde der Schiefer zu Hornfels, die Kalkschmitzen zu einem augitreichen Gestein, die Kalkbänke aber zu grobkrySTALLINISCHEM Marmor.

Dagegen werden in einigen Fällen auch Profile beschrieben, bei denen geschichtete Kalke in der Nähe des Eruptivgesteines ihre Schichtung verloren haben:

An dem Kontakthof ³⁾ des Adamello-Tonalits ist die Schichtung des Muschelkalkes nahe dem Tonalit völlig verloren gegangen oder undeutlich geworden, die Petrefakten sind zerstört und verschwunden.

Dagegen hat der umgewandelte Muschelkalk seine Schichtung um so besser bewahrt, je weiter wir uns vom Tonalit entfernen; im weissen Marmor dieser Zone sind noch einige Trochiten erhalten, die Schichten, welche reicher an Kieselsäure waren, als andere, sind noch dunkel gefärbt, erfüllt mit feinen Nadeln und kleinen Krystallen von Kalksilikaten, während zwischen denselben die reineren Kalkbänke in weissen Marmor umgewandelt sind ⁴⁾.

Betrachten wir jetzt den Kontaktvorgang, so zerfällt derselbe in drei zeitlich verschiedene Stadien. Ein wärmeres Gestein (das eruptive Magma) wirkt auf ein weniger warmes Gestein (das Nebengestein) ein, hierbei nimmt die Temperatur des letzteren zuerst zu, bleibt eine gewisse Zeit hindurch auf ihrem Höhepunkt, und nimmt dann wieder ab.

Die Kontakterscheinungen beobachten wir also an einem erwärmten und wieder abgekühlten Gestein, und demgemäss müssen wir auch die Kontaktwirkungen 1) in solche zerlegen, welche bei steigender Temperatur entstanden, 2) in solche, die bei hoher Temperatur sich bildeten, und 3) in solche, die bei der folgenden Abkühlung in die Erscheinung traten.

Sehr richtig hat LEPSIUS ⁵⁾ diese Phasen der Kontaktmetamorphose auseinander gehalten, wenn er sagt: Die Moleküle der Mineralien im Muschelkalk des Adamellostockes wurden beweglich durch Lösung auf chemisch-wässrigem Wege in Gegenwart von Druck und hoher Temperatur; bei der allmäligen Abkühlung der Lava erkaltete auch

1) J. ROTH, Allg. und Chem. Geol., III, 1, S. 76.

2) BECK, Tschermacks Min. und Petrogr. Mitth. 1893, S. 318.

3) LEPSIUS, Geologie von Attika, S. 184.

4) Anmerkung. Angaben über die Zerstörung der Schichtung in nicht-kalkigen Gesteinen habe ich nicht auffinden können; es wäre sehr wichtig, gerade diesen Gegensatz näher zu beleuchten.

5) LEPSIUS, Geologie von Attika, S. 184.

das anliegende Sedimentgestein, und krystallisirten die gelösten Moleküle wieder zu Mineralien aus. Versuche mit erhitztem und wieder abgekühltem Kampfer erläutern die Zweitheilung des Phänomens, und die verschiedene Wirkung steigender und sinkender Temperatur.

Es scheint, dass die Frittung und Verglasung des Nebengesteins zu den Wirkungen steigender Temperatur gehört; dagegen dürfte die Krystallisation vieler in der Hitze nengebildeter Verbindungen zu Kontaktmineralien oftmals erst während der Abkühlung des Magmas und des Nebengesteins entstanden sein.

II. Obwohl alle Kontaktmetamorphosen unter einem bestimmten Atmosphärendruck verlaufen, und nur dann vollständig erkannt werden können, wenn man auch die Druckwirkung zugleich mit in Rechnung zieht, so wollen wir hier von dieser Combination absehen, und jetzt auch die Druckmetamorphose ohne Berücksichtigung der dabei auftretenden Temperaturveränderungen ins Auge fassen.

Eigentlich gehört jede Verwerfung und jede Falte zu den Wirkungen des Gebirgsdruckes. Im Besonderen pflegt man gewisse petrographische Veränderungen der dislocirten Gesteine als Druckmetamorphose zu bezeichnen. Stark gefaltete und gepresste Gesteine zeigen:

- 1) eine Veränderung ihrer krystallinischen Beschaffenheit,
- 2) die Entstehung von Schieferung und verwandten mechanischen Umformungen.

Mikrokrystallinischer Kalk ist in grobkrystallinischen Marmor verwandelt. Thonschiefer ist in Phyllit umgewandelt; die runden Eisenoolithe des Doggers an der Windgälle sind zu flachen Linsen ausgepresst, und Krystalle von Magneteisen sind neu darin entstanden. Wenn in diesen Fällen die den Druck begleitende Wärme auch vielfach als bewirkende Ursache mit herangezogen werden muss, so ist es doch wohl allgemein anerkannt, dass die „Schieferung“ durch den blossen Druck, ohne wesentliche Betheiligung einer Temperaturerhöhung entstanden ist. Wir wollen daher uns auf das Phänomen der Schieferung hier beschränken.

Unter Schieferung¹⁾ versteht man die sekundäre Entstehung von regelmässigen parallelen Spaltungsflächen innerhalb eines Gesteins. Diese Flächen geringerer Cohärenz sind unabhängig von der Orientirung der Schichtungsflächen, und schneiden dieselben meist unter einem bestimmten Winkel. Die Schieferungsflächen sind auch unabhängig von den Fallen der Schichten, und bleiben gewöhnlich untereinander parallel, auch wenn der Fallwinkel der Schichtungsflächen wechselt. Die Schieferungsflächen entsprechen oft dem Streichen der Gebirgsfalten, doch weichen sie in anderen Fällen davon ab.

Wenn das Streichen der Schieferung immer zusammenfiel mit dem Streichen der gefalteten Schichten, so würde man dem in der Geologie vielbetonten Satz, „dass die Schieferungsflächen senkrecht zu dem ausgeübten Druck stehen“, unbedenklich beistimmen können; man

1) LORETZ, Jahresbericht über die Senckenberg. Naturforschende Gesellschaft 1879/80, S. 61.

würde auch diesen Satz für richtig halten müssen, wenn er durch die Experimente bestätigt worden wäre. Allein beides ist nicht der Fall. Die Schieferung streicht oftmals unabhängig vom Streichen der Gebirgsfalten, und in den von TRESCA und DAUBRÉE¹⁾ angestellten Versuchen entstand Schieferung nicht nur senkrecht zum Druck, sondern sogar in der Richtung des ausgeübten Druckes: „Bisher wurde die Schieferstruktur der Gesteine nur künstlich nachgemacht, durch einen senkrecht auf die Schieferungsebene ausgeübten Druck. Bei den beschriebenen Versuchen sieht man nun aber eine ausgezeichnete Schieferung, die unter abweichenden Bedingungen hervorgebracht ist. Denn hier werden die Schieferblätter, und zwar in Streifen von mehreren Metern Länge, in der Richtung des Druckes und der Bewegung selbst hervorgebracht.“

Betrachten wir die Anordnung der genannten Versuche, so ist allen denselben gemeinsam die Thatsache, dass das gepresste Material (Thon, Stearin, Wachs, Eisen, Blei) dem Drucke ausweichen konnte. Stets hat man dem gepressten, gewalzten oder gedrückten Material Gelegenheit gegeben, aus einer Oeffnung auszutreten und hier beobachtete man Schieferung. Auch die von den Experimentatoren ausgesprochene Meinung über das Wesen der Schieferung gipfelt darin, dass ein Aneinandervorbeigleiten der kleinsten dem Drucke ausweichenden Theilchen stattfindet, und hierbei Schieferung entstehe.

Aus dem Gesagten ziehen wir daher folgenden Schluss: Schieferung ist eine Ausweichungserscheinung, und die Schieferungsflächen stehen parallel der Ausweicherichtung. Auf die Richtung des ausgeübten Druckes kommt es also viel weniger an, als auf die Richtung, nach welcher das gedrückte Material ausweichen kann. Stehen Druckrichtung und Ausweicherichtung senkrecht aufeinander, wie in den Versuchen mit gewalzten Metallen, so steht natürlich die „Schieferung senkrecht zur Druckrichtung“. Und wenn eine Gesteinsmasse durch Seitenschub gefaltet und gepresst wird, so kann sie in der Mehrzahl der Fälle nur senkrecht zu der Richtung des Seitenschubes d. h. centrifugal, ausweichen, deshalb stehen die Schieferungsklüfte so oft parallel dem Streichen gefalteter Schichten.

Die Frage ob Schieferung während der Druckzunahme oder erst während der darauffolgenden Druckabnahme in die Erscheinung tritt, würde uns zu sehr in das Detail physikalischer Probleme hineinführen. Die Aufgabe dieses Abschnittes konnte nur sein, darauf hinzuweisen, dass sowohl bei der Kontakt- wie bei der Druckmetamorphose das Stadium der Kraftzunahme von demjenigen der Kraftabnahme scharf zu unterscheiden ist, und dass die Resultate der metamorphosirenden Ursache in solche zerfallen, welche durch steigende Wärme und steigenden Druck entstehen und solche, die erst während der Wärmeabnahme und bei dem Nachlassen des Druckes, bei dem Ausweichen des gedrückten Materials, in die Erscheinung treten.

1) DAUBRÉE, Synthetische Versuche zur Experimentalgeologie, S. 313, 323.

B. Die Faciesbezirke der Gegenwart.

15. Das Festland (allgemeine Uebersicht).

Als Festland bezeichnet man alle Theile der Lithosphäre, welche aus der Hydrosphäre herausragen; es ist das trockene Land im Gegensatz zu den wasserbedeckten Gebieten. In dieser weiten Fassung ist aber der Begriff des Festlandes, sofern es sich um eine ausgedehntere Region handelt, nicht gut auf die Erdgeschichte übertragbar. Denn wenn wir, streng genommen, zur Hydrosphäre nicht nur das Meer, sondern auch die Flüsse und Seen, die bleibenden und vorübergehenden Wasseransammlungen rechnen, so schrumpft das Festland so zusammen, dass höchstens die Wüsten als wirkliches Festland angesprochen werden dürften. Wir müssen daher den Begriff des Festlandes aus geologischen Gründen etwas anders formuliren, und mehr den Gegensatz zu dem Meere betonen. Infolgedessen bezeichnen wir als Festland: die augenblicklich vom Meere nicht bedeckten, und durch das Litoralgebiet vom Ocean getrennten Regionen der Lithosphäre. Die Küste und das Litoral ist, wie wir früher schon aneinander gesetzt haben, ein vermittelndes und zugleich trennendes Gebiet zwischen Meer und Festland.

Während der Meeresboden überall durch die Hydrosphäre den Angriffen der Atmosphäre entzogen, und infolgedessen vor allen Erscheinungen der Erosion und Deflation geschützt ist, während am Meeresgrunde die neugebildeten Ablagerungen gewöhnlich liegen und erhalten bleiben, herrscht auf dem Festland die Denudation in ausgiebiger Weise. Ueberall beobachten wir, dass eben gebildete Ablagerungen wieder zerstört, weitergetragen, denudirt werden, und an allen Orten sehen wir Denudationsflächen.

Diese Häufigkeit der Denudationsflächen auf dem Festland ist schon frühzeitig von Geologen betont und daraus der Schluss gezogen worden, dass Meeresgrund und Festland durchschnittlich in dem Gegensatz wie Auflagerung und Denudation stehen. So berechtigt diese Ansicht auch sein mag, wenn wir die Mehrzahl der Fälle ins Auge fassen,

so wird sie doch verhängnissvoll, wenn wir sie als ausnahmsloses Gesetz hinstellen.

Und obwohl sicherlich kein Geologe behaupten wird, dass auf dem Festland nur Denudation, am Meeresgrund nur Auflagerung stattfindet, so begegnet man in der erdgeschichtlichen Literatur doch häufig dem Bestreben, festländische Zustände aus dem Mangel an Ablagerungen, aus discordanten Denudationsflächen allein zu erschliessen, und die Bildung jeder beliebigen geschichteten Ablagerung unter den Spiegel der Hydrosphäre, des Meeres zu verlegen.

Mit anderen Worten: man beurtheilt die Verbreitung fossiler Meere nach der Anwesenheit von geschichteten Ablagerungen, und die Verbreitung fossiler Festländer nach dem Mangel von Ablagerungen.

Während man also für die Existenz und Rekonstruktion fossiler Meere nach positiven Charakteren sucht, erschliesst man die Vertheilung fossiler Festländer aus negativen Charakteren.

Es ist ein grosser Mangel aller erdgeschichtlichen Karten, aller Schilderungen früherer Zustände der Erdoberfläche, dass man in dieser Hinsicht Meer und Festland so ungleich behandelt, und es ist die Aufgabe der folgenden Kapitel: alle positiven Merkmale für die Beurtheilung fossiler Festländer zusammenzustellen, und jenem Mangel in der geologischen Schlussfolgerung dadurch abzuhehlen.

Der Geologe ist gewohnt, und die Natur seiner Beobachtungsobjekte bringt dies mit sich, jeden prähistorischen Zeitabschnitt auf dem senkrechten Durchschnitt des Profils zu betrachten. Auf dem Profil sehen wir Ablagerungen und discordante Denudationsflächen, in dem Profil beurtheilen wir heteropische Facies, in dem Profil gliedern wir die Aufeinanderfolge der Schichten.

Diese Betrachtungsweise im optischen Durchschnitt ist aber nur eine Seite der Aufgabe, sie muss ergänzt werden durch die Betrachtung in der Fläche. Wenn wir Erdgeschichte treiben wollen, müssen wir die, im senkrechten Durchschnitt des Profils gewonnenen, Beobachtungen in eine horizontale Fläche projiciren, müssen wir den damaligen Zustand der Erdoberfläche aus der Vogelperspektive betrachten.

Mit anderen Schwierigkeiten ähnlicher Art hat aber die ontologische Methode zu kämpfen. Wir sehen den gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche nur aus der Vogelperspektive an, wir betrachten und beobachten nur das Nebeneinander der Erscheinungen, und sind nicht gewohnt, den Zustand der Gegenwartsperiode auf dem senkrechten Durchschnitt zu sehen.

Wenn wir eine exakte Erdgeschichte auf Grund der ontologischen Methode treiben wollen, so müssen wir uns daran gewöhnen, die im senkrechten Profil beobachteten Verhältnisse einer früheren Periode auch flächenhaft zu sehen, so müssen wir andererseits die Periode der Gegenwart im senkrechten Profil zu betrachten suchen. Das letztere ist die Aufgabe unserer Lithogenesis. Wir haben uns bemüht und seit Jahren geschult, die Erscheinungen der Gegenwart in die Profilansicht zu übersetzen, und hoffen in den folgenden Abschnitten, diese Betrachtungsweise der heutigen Erdoberfläche so durchführen zu können, dass der erdgeschichtlich arbeitende Geologe, durch den Vergleich

recenter Erscheinungen angeregt wird, auch seinerseits seine Profile in die Fläche zu übersetzen.

Auf den geographischen Karten der gegenwärtigen Erdoberfläche bildet der Gegensatz zwischen Ocean und Festland den vornehmsten Gegenstand der Darstellung; und für die menschliche Kultur ist wohl auch kein anderer geographischer Charakter von annähernd hoher Bedeutung. Allein wenn wir die heutige Erdoberfläche darnach beurtheilen, wie sie fossil werden und einem künftigen Geologen auf dem Querschnitt des Profils zur Untersuchung vorgelegt werden könnte, so tritt der Gegensatz zwischen Meeresgrund und Festland zurück, und dafür sehen wir in erster Linie als regional entgegengesetzte Vorgänge und Zustände der heutigen Erdrinde: Denudation und Auflagerung. Es giebt Flächen am Meeresboden, die sich durch Denudation auszeichnen, und manche Gebiete des Festlandes sind Regionen der Apposition. Wir können im geologischen Profil zuerst nur entscheiden ob Denudation oder Auflagerung vorliegt, die Frage nach der festländischen oder marinen Entstehung einer Ablagerung oder einer discordanten Trennungsfuge, bedarf genauerer Prüfung, und deckt sich nicht mit dem ersten Urtheil.

Mit anderen Worten: wir können für eine bestimmte Stelle der Erdrinde und einen gegebenen Abschnitt der Erdgeschichte den festländischen Charakter nicht an dem negativen Merkmal, dem Fehlen geschichteter Ablagerungen, erkennen, sondern wir müssen Festländer aus positiven Anzeigen erschliessen.

Um dieses Ziel zu erreichen könnte man zuerst daran denken, mit Hilfe organischer Reste den festländischen Charakter des umhüllenden Gesteins zu beweisen, aber dieser Beweis ist oft schwer zu führen. Eine grosse Zahl von festländischen Ablagerungen, welche wir vor unseren Augen entstehen sehen, enthalten keine organischen Reste, und es ist unwahrscheinlich, dass ihre prähistorischen Aequivalente solche Reste in grösserer Zahl enthalten möchten. Die Dünen-sande des Litorals und der Wüsten, die Moränen des Polargebietes und der Gletscher, die Flussablagerungen und Deltagebilde sind meist fossilileer, und deshalb ungeeignet, um paläontologische Beweise für ihre festländische Entstehung darzubieten.

In vielen Fällen kennt man aber die paläontologischen Reste landbewohnender Pflanzen und Thiere — nur scheut man sich vor dem Schluss die umhüllenden Gesteine für festländische Ablagerungen zu erklären, weil man seit hundert Jahren gewohnt ist, die Bildung jeder geschichteten Ablagerung mit der Idee einer Wasserbedeckung zu verknüpfen. Wenn es irgendwie möglich ist, nimmt man wenigstens grosse „Landseen“ als Bildungsort an, und betont den „limnischen“ Charakter, anstatt den festländischen Bildungsort hervorzuheben.

Wenn die Beschreibung und graphische Darstellung der heutigen Erdoberfläche von dem Gegensatz zwischen Festland und Meer ausgeht und diesen Contrast für den wichtigsten Charakter der Erdoberfläche hält, so müssen wir auch bei unseren erdgeschichtlichen Studien jetzt diesen Gegensatz aufsuchen, müssen wir auch für jede prähistorische Zeit der Erdbildung in zweiter Linie Meer und Festland unterscheiden. Und wenn die festländischen Ablagerungen im Gegensatz zu den ma-

rinen Sedimenten, häufig fossilisier sind, so ist es geboten: jedes Gestein, das keine marinen Reste enthält oder das primär fossilisier ist, daraufhin zu untersuchen, ob es nicht eine festländische Bildung sein könne.

Die recenren Ablagerungen des Festlandes bieten uns ungemein wichtige Thatsachen dar, um das Klima ihres Bildungsortes, und damit prähistorische Klimazonen zu enträthseln, und die Aufgabe der folgenden Abschnitte soll es sein, auf diese diagnostischen Merkmale nicht-mariner Gesteine hinzuweisen. Wir wollen den exakt beobachtenden und korrekt schliessenden Geologen damit in den Stand setzen, seine Profile richtig zu deuten und auf seinem Arbeitsgebiet erdgeschichtliche Studien zu machen.

Das Festland der Gegenwart steht in scharfem Gegensatz zum Weltmeer, und wenn auch das Phänomen der Gezeiten diesen Gegensatz täglich zweimal verschiebt, wenn er in der Vergangenheit auch durch säkulare Strandverschiebungen stetem Wechsel unterworfen war, so wird man doch im Allgemeinen nur selten im Zweifel sein, welches Gebiet dem Festland, und welches dem Meere angehört.

Festland und Meer bilden den fundamentalen bionomischen Kontrast der Gegenwart. Dort wohnen luftathmende, hier wasserrathmende Organismen, und wenn auch die Flora und Fauna des Litoralgebietes eine vermittelnde Rolle spielt, so ist es doch im Allgemeinen ein Gesetz, dass geobiotische Organismen nicht im Ocean und halobiotische Thiere und Pflanzen nicht auf dem Festland leben können.

Freilich stellt die paläontologische Urkunde nicht das Vorkommen der lebenden Organismen dar, sondern sie überliefert uns nur Leichen; und so kann die Leiche einer festländischen Pflanze, eines luftathmenden Thieres wohl in marinen Ablagerungen begraben werden, und die Leiche eines marinen Wesens kann in festländische Sedimente gelangen. Wenn wir uns stets bewusst bleiben, dass die geologische Urkunde nicht die Schlachtordnung der ums Dasein kämpfenden Truppen, sondern das Leichenfeld nach beendeter Schlacht darstellt, werden wir uns vor Irrthum leicht bewahren können.

Der Gegensatz zwischen Festland und Meer deckt sich nicht mit demjenigen von Lithosphäre und Hydrosphäre. Denn ein Theil des Festlandes wird von dem Wassernetz der Flüsse und Seen allseitig übersponnen. Flüsse und Seen sind zwar Theile der Hydrosphäre, aber sie gehören doch zum Festland.

Festland und Meer sind auch nicht congruent mit den Gebieten der Denudation und Auflagerung, denn es bilden sich auf dem Festland eine grosse Fülle von Ablagerungen, während der Meeresgrund ein Schauplatz mannichfaltiger Denudation ist.

Von den 4 Denudationskräften, welche wir kennen gelernt haben, sind Erosion und Deflation auf das Festland beschränkt; die Exaration ist beiden Regionen gemeinsam, und auch die Abrasion ist auf dem festländischen Theil der Küste eine sehr thätige Kraft. Wenn man erwägt, dass die im Niveau des Wasserspiegels einschneidende Brandung durch Unterwaschung auch hohe Küstenfelsen zum Einsturz bringt, so kann man die festländische Wirkung der Abrasion ermessen.

Das Beispiel der bekannten „Meermühlen“ von Argostoli auf Cephalonia¹⁾, wo das Meer landeinwärts strömt, und auf dem Festland in Höhlen verschwindet, zeigt ausserdem eine seltsame Erosion durch fliessendes Salzwasser.

Erosion und Deflation sind in der Regel so eng mit einander verbunden, dass es schwer fällt, die Wirkung jeder einzelnen Kraft gegen die der anderen abzuwägen. Nur in den vegetationslosen Gebieten des Polarlandes, des Hochgebirges und der Wüsten wirkt die Deflation stärker, und in manchen regenreichen Tropenländern ist dagegen die denudierende Thätigkeit des fliessenden Wassers fast ausschliesslich wirksam. Die weite Verbreitung des Regens und des fliessenden Wassers auf dem Festland bringt es daher mit sich, dass die Denudationsflächen den Wasserläufen entsprechend, langgestreckte Thälrinnen bilden, die alle Bergländer durchschneiden. Die Denudationsfläche des Festlandes ist daher im Allgemeinen äusserst uneben, und wird durch die Formen von „Berg und Thal“ charakterisirt. Nur da wo die Deflation regional wirken kann, also besonders in der Wüste, und auch hier nur dann, wenn undislocirte Tafelländer denudirt werden, kann die festländische Denudationsfläche horizontal gestaltet sein, und wird nach oben begrenzt durch eine petrographisch härtere Gesteinsschicht.

Die Transportkräfte des Festlandes sind Flusswasser, Wind und Gletschereis. Das Flusswasser wirkt meist in linearen Rinnen und breitet seine Ablagerungen dementsprechend aus, nur in Wüstenebenen und Hochflächen überschwemmt der Regen häufig ein weites Gebiet gleichmässig und breitet die mitgerissenen Sand- und Geröllmassen über eine breite Fläche. Das Alluvium²⁾ liegt im Gugethal in Westtibet 5000 m hoch. Aufschlüsse durch Wasserrisse zeigen, dass der Kessel mit horizontal geschichtetem Schutt erfüllt ist, der am Berggehang aus groben Blöcken, in der Mitte aus feinem homogenen Thon besteht. Die Schichten fallen wenig vom Berg nach dem Thal zu.

Das Gletschereis wirkt ähnlich im Polargebiet, wo es als Inlandseis eine grosse Landfläche gleichmässig überzieht, und seine Moränen regional verbreitet. Fast immer wirkt der Wind als Transportkraft regional, da aber die mitgeführten Staubmassen und Sande besonders da zum Absatz gelangen, wo die Windstärke durch lokale Widerstände gehemmt wird, so ist die Ablagerung von Löss und Dünen sand häufig auf engere Bezirke beschränkt.

Die Corrasionserscheinungen des Festlandes, Wasserschliffe, Gletscherschliffe und Sandschliffe, bieten charakteristische Merkmale, um nach ihnen die einzelnen Denudationsflächen leicht zu bestimmen und wiederzuerkennen.

Die Ablagerungen des Festlandes sind mechanisch, chemisch, organisch oder vulkanisch entstanden; und während am Meeresgrund in der Regel diese verschiedenen Typen durcheinander gemischt vorkommen, sind sie auf dem Festland oftmals rein entwickelt. Die chemischen Absätze an Quellmündungen sind meist frei von mechanischen Beimengungen. Vulkanische Aschen, die am Meeresgrunde fast

1) STRICKLAND, London Edinb. Philos. Mag. 1836, VIII, S. 556.
Ref. Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 698.

2) STRACHEY, Journal Geogr. Soc. London 1853, S. 19.

allen Sedimenten beigemischt werden, sind auf dem Festland auf die eigentlichen vulkanischen Regionen beschränkt; und während am Meeresgrund organische Reste von kohlensaurem Kalk oder Kieselsäure in jeder Grundprobe gefunden werden, sind die mechanischen Ablagerungen des Festlandes in der Mehrzahl der Fälle frei von solchen Beimengungen, und in Dünensanden, Moränen, Lateritgebilden, sucht man meist vergeblich nach organischen, deutlich erkennbaren Spuren.

Charakteristisch ist auf dem Festland das Ueberwiegen mechanischer Ablagerungen, und ebenso die relative Korngrösse derselben. Die Schutthalden am Fuss der Gebirge, die Blockmeere der Moränen, ja selbst die Gerölle der Flussbetten, sind durch die Grösse ihrer klastischen Bestandtheile ausgezeichnet. Nur in der Schorre, die ja auch als ein Theil des Festlandes angesprochen werden kann und in den benachbarten Gebieten der Flachsee werden unter Umständen ebenfalls grobkörnige Konglomerate gebildet, und als einzige Quelle scharfkantiger oder grober Gesteinsbruchstücke in Ablagerungen am Meeresgrund ist hier das Gletschereis zu nennen, das als schwimmender Eisberg, marine, grobkörnige mechanische Ablagerungen schaffen kann. Allein es ist zu bemerken, dass diese schuttbeladenen Eisberge gegenwärtig auf der Südhalbkugel¹⁾ nur bis zum 43° S. Br., auf der Nordhalbkugel bis zum 36° N. Br. beobachtet worden sind. Das Tropengebiet und ein Theil der gemässigten Zone ist also frei von marinen mechanischen Ablagerungen mit gröberem Korn. Zu beachten ist auch, dass in einem normal gebildeten Meere, nach dem Strömungsschema von KUEMMEL (S. 79) polare, eisführende Strömungen auf der Nordhalbkugel und auf der Südhalbkugel an der Westküste des Meeres gegen die Wendekreise vorschreiten, so dass man aus diesen That-sachen, unter Umständen, Schlüsse ziehen kann auf die Strömungsverhältnisse fossiler Meere.

Die Auflagerungsflächen festländischer Ablagerungen sind von sehr verschiedenartiger Form. Bald sehen wir breiartig sich ergiessende Moränen, die keine Schichtung zeigen, oder Schlammströme, die ähnlich struirt sind, bald wohlgeschichtete Schotter von 30° steiler Böschung, Dünensande von ähnlichem Neigungswinkel, oder horizontal aufbereitete Sande, Thone, Salze und Humusschichten. Lösslager, in welchen durch eine wachsende Grasnarbe beständig die Schichtung zerstört wird, können durch Regengüsse mit Geröllen überstreut werden, die eine geschichtete Zwischenlage bilden, und die Ablagerungen in Binnenseen unterscheiden sich in keiner Weise von den wohlgeschichteten marinen Absätzen.

Gross ist der Wechsel der Facies bei festländischen Ablagerungen. An der Stirn des Gletschers sehen wir grobe Gerölmassen, Sande und Thonschlamm neben humusbildenden Moospolstern aufbereitet. In den Wüsten entstehen Sandsteine, gypsaltige Thone und Salzlager in nächster Nähe nebeneinander. Im Gegensatz dazu ist der petrographische Charakter küstenferner mariner Ablagerungen auf ungeheure Entfernung gleichartig; nur in den äusseren Randgebieten

1) HARTMANN, Der Einfluss des Treibeises auf die Bodengestalt der Polar-gebiete. Diss. Leipzig 1891, S. 76.

der Flachsee, und auf Vulkaninseln oder Korallenarchipelen, ist der Wechsel der Facies bemerkenswerth.

Die Farben festländischer Ablagerungen sind verschieden, je nachdem sie unter einer Wasserbedeckung gebildet wurden oder nicht. Die Absätze in Flussläufen, oder Binnenseen haben meist jene grünliche, oder bläuliche Farbe, die auch die marinen Ablagerungen des Kontinentalsaumes auszeichnen. Wie diese sind sie häufig durchsetzt mit vegetabilischem oder animalischem Moder, und werden dadurch oftmals missfarbig, grau, braun, schwarz.

Die eigentlichen, auf dem trockenen Lande gebildeten, Festlandsedimente, zeichnen sich dagegen durch helle, reine Farben aus. Das Karmin- oder Zinnoberroth tropischer Laterite, die rothgefärbten Sanddünen der Koromandelniederung und der innerarabischen Wüste, die gelben oder bräunlichen Lehm- und Lösslager der Steppen, die weissen oder gelben Dünen in den Küstenländern oder in der Sahara, sind beredte Beispiele dafür, dass helle, leuchtende Farben eine charakteristische Eigenschaft festländischer Ablagerungen sind.

Im Allgemeinen sind organische Reste in festländischen Ablagerungen selten. Wir brauchen nur um uns zu sehen und die Schicksale der vermodernden Pflanzen und verwesenden Thiere zu beobachten, um die Seltenheit von Versteinerungen in festländischen Gesteinen zu verstehen. Die Atmosphärien, eine Unzahl schmarotzender Pflanzen und viele herbivore und karnivore Thiere zerstören leicht die Reste festländischer Organismen. So sind ebenso Kohlenlager wie Knochenanhäufungen lokale Phänomene der Erdgeschichte. Besonders leicht zerstörbar sind die Reste aller kleineren festländischen Thiere, wie Insekten, Amphibien, Reptilien, Vögel; etwas dauerhafter sind die Knochen grosser Thiere, und daher erscheint oft die paläontologische Urkunde zu beweisen, dass in der Vorzeit vorwiegend grosse Landthiere gelebt haben, während in Wirklichkeit diese leichter erhalten blieben. Mögen wir in Sibirien die Knochen des Mammuth, in Nordamerika und Südafrika riesige Reptilien, oder in Südamerika gewaltige Säugethiere finden, so ist dies kein Beweis für eine früher grössere Lebewelt.

Dass grosse Thiere ¹⁾ eine üppige Vegetation erfordern, ist oftmals betont worden, aber DARWIN erklärt diese Annahme für falsch. Der Reichthum Südafrikas an riesigen Thieren und seine ärmliche Steppenvegetation zeigt vielmehr, dass die grösseren Säugethiere gewohnt sind, über weite Strecken zu schweifen und sich von dem Buschwerk zu nähren, das überall vertheilt ist. Wenn man andererseits die Armuth der brasilianischen Urwälder an Säugethieren und das Fehlen aller grösseren Thiere in denselben erwägt, so scheint es zweifellos, dass unter den Säugethieren keine nahe Beziehung zwischen der Grösse der Species und der Quantität des Pflanzenwuchses besteht.

Auch gegenüber einer anderen viel geglaubten Annahme, nämlich über die Hypothese: dass durch grosse Ueberschwemmungen Anhäufungen von Säugethierknochen entstehen, ist es wichtig, auf eine Beobachtung von DARWIN hinzuweisen. Als er durch die südamerikanischen Pampas reiste, erhielt er lebendige Schilderungen über die Dürre von 1827—30. Während dieser Zeit fiel so wenig Regen, dass

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 97.

Walther, Einleitung in die Geologie.

der ganze Pflanzenwuchs, selbst bis auf die Disteln ausblieb. Die Bäche vertrockneten und das ganze Land nahm das Aussehen einer staubigen Landstrasse an. Eine sehr grosse Zahl von Vögeln, wilden Thieren, Rindern und Pferden kam aus Mangel an Nahrung und Wasser um. Viele Rinder stürzten sich zu Tausenden in den Parana; da sie aus Erschöpfung vor Hunger nicht instande waren, die schlammigen Ufer heraufzukriechen, ertranken sie. Der Flussarm, welcher bei San Pedro vorüberfliesst, war so voll von faulenden Thierkörpern, dass er wegen des Geruches unpassirbar war. Viele Thiere wurden damals flussabwärts getrieben und wahrscheinlich im Astuarium des Plata abgelagert. Alle die kleineren Flüsse waren stark versalzt und dies veranlasste den Tod von ungeheuren Mengen, denn wenn Thiere von solchem Wasser tranken, erholten sie sich nicht wieder. Die wilden Pferde stürzten sich in die Moräste und die ersten wurden von den folgenden überwältigt und erdrückt. Mehrfach sah man über 1000 solcher Pferdeleichen angehäuft. Die kleinen Flüsse waren mit einer Breccie von Knochen gepflastert.

So bewirkt eine Dürre viel leichter als eine Ueberschwemmung die Entstehung knochenreicher Ablagerungen, und während die letztere sterbende Thiere zerstreut, vereinigt jene an wenigen schlammigen Stellen die weit umhersehweifenden Säugethiere.

Was die Herkunft der festländischen Ablagerungen anlangt, so stammt deren Material meist von dem festländischen Theil der Lithosphäre. Denudirte Hügel, Berge und Hochgebirge sind die Quelle der meisten mechanischen Sedimente, und vieler chemischer Absätze. Das Material der litoralen Dünen stammt aus dem Meere und vom Meeresboden, dasjenige der festländischen Vulkane kam zum überwiegenden Theil aus dem Inneren der Erdrinde, und die organischen Humuslager haben ihre Quelle in der atmosphärischen Lufthülle. Alle Kohlen-schichten sind Theile der Atmosphäre gewesen, und sind durch den Assimilationsprocess gründer Pflanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichts gebildet worden.

Wir unterscheiden 6 verschiedene Faciesgebiete auf dem Festland der Gegenwart, von denen zwei in jedem Klima und unter jedem Breitengrade vorkommen, nämlich: die festländischen Vulkane und das Litoralgebiet, während die 4 anderen eine gesetzmässige geographische Orientirung besitzen, und daher zur Bestimmung der Lage der Erdaxe benutzt werden können.

Man pflegt die trockenen Theile der Erdoberfläche in 3 Klimazonen einzutheilen, welche entweder nach den Parallelkreisen (Hann) oder nach den Isothermen (Supan) gegeneinander abgegrenzt werden. Wenn es schon schwierig erscheint, auf der heutigen Erdoberfläche scharfe Grenzen zwischen den Klimazonen zu unterscheiden, so ist es natürlich noch viel schwieriger bloss auf die Verbreitung der Sedimente und einzelner organischer Reste hin, fossile Klimazonen scharf abzugrenzen. Wir können daher hier auch weniger die Grenzen der klimatischen Faciesbezirke feststellen, als vielmehr ihre wesentlichen positiven Charaktere, in typischer Entwicklung hervorheben.

Wenn man die Klimazonen¹⁾ nach Parallelkreisen und nach den

1) HANN, Handbuch der Klimatologie, S. 231.

solaren Klimagürteln eintheilt, so verhalten sich die Polarzonen zu den gemässigten Zonen und zum Tropengürtel wie 1 : 6,5 : 10. Legt man aber die Isothermen ¹⁾, der Eintheilung zu Grunde, so verhalten sich die genannten Klimazonen wie 1 : 3 : 8. Unter allen Umständen ist also das Tropenland an Fläche sehr überwiegend, und das Polargebiet am kleinsten.

Bei allen Klimazonen, und ihrer Vertheilung, spielt die Gliederung der Festländer eine maassgebende Rolle, und DARWIN ²⁾ hat in einer überaus glücklichen Darstellung diese Verhältnisse dadurch hervorzuheben gesucht, dass er die Südhalbkugel auf die nördliche Hemisphäre bezog. Wenn man das Klima Südamerikas nach gleichen Breitengraden auf Europa überträgt, so würden in der Nähe von Lissabon die gemeinsten Seeschncken, wie *Oliva*, *Voluta*, *Terebra* einen tropischen Charakter haben. In den südlichen Provinzen von Frankreich würden prachtvolle Wälder durch baumartige Gräser verflochten, ihre Bäume mit parasitischen Pflanzen beladen, die Oberfläche des Landes bedecken. Der Puma und der Jaguar würden durch die Pyrenäen schweifen. In der Breite des Montblanc, aber auf einer küstenfernen Insel würden Baumfarne und parasitische Orchideen in den dichtesten Wäldern gedeihen. Bis nach Dänemark würden Kolibri und Papageien zwischen immergrünen Wäldern ihre Nahrung finden. Dagegen würde eine andere Insel in der Breite von Schottland beinahe gänzlich mit ewigem Schnee bedeckt sein und von ihren Gletschern würden gewaltige Eisberge in das Meer hinausschwimmen.

1) Das Polargebiet umfasst die innerhalb des nördlichen und südlichen Polarkreises gelegenen Festländer und ist durch seine Lage am Drehungspol der Erde besonders wichtig für erdgeschichtliche Studien. Zwar sind die Hochgebirge der gemässigten und warmen Zone auch durch Gletscher und Exaration ausgezeichnet, und die hier gebildeten Ablagerungen können leicht verwechselt werden mit polaren Faciesgebilden, allein die regionale Verbreitung der Polarmoränen und die fast immer auf gefalteten, dislocirten Schichten entstandenen, lokalen Moränen der Hochgebirge lassen einen Irrthum leicht erkennen; und in allen Fällen wo man die Moränen in naher Verbindung mit denudirten Gebirgsfalten trifft, und wo ihr Material diesen einstigen Faltengebirgen entstammt, ist jeder Zweifel ausgeschlossen.

Das polare Faciesgebiet ist durch das Vorwiegen der Exaration, das Zurücktreten der linearen Erosion ausgezeichnet. Die Deflation ist darin thätig und die physikalische Verwitterung spielt eine hervorragende Rolle. Die Pflanzenwelt ist von geringer Grösse, Sträucher und Bäume mit grossen Blättern fehlen, und es wird die Flora meist als amorpher Humus anderen Sedimenten eingelagert und beigemischt. Kohlenlager mit fossilen schönen formenreichen Blattgebilden können sich hier nicht bilden. Selbst die Treibholzlager des Litorals sind rindenlos, und ohne Blätter oder Blütenreste.

Eine scharfe Grenze zwischen dem Polarland und 2) der gemässigten Zone giebt es nicht. Das Uebergangsgebiet zeichnet sich durch ausgedehnte Wälder, Sümpfe und Seen aus, und eignet sich be-

1) SUPAN, Petermanns Geogr. Mitth. 1879. Die Temperaturzonen der Erde.

2) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 287.

sonders für die Aufspeicherung und Erhaltung grosser Humuslager. Verwitterung und Denudation sind sehr mannichfaltig, und schwer ist es, Erosion, Exaration und Deflation im Einzelnen scharf zu trennen. Die vorwiegende Transportkraft ist aber das fließende Wasser, und da die meisten Geologen gerade diese Zone bewohnen, so ist es erklärlich, weshalb man vielfach Erosion und Denudation überhaupt nicht zu trennen für nöthig hält, und auch in anderen Klimazonen die Erosion für die massgebende Transportkraft zu halten geneigt war.

Während von meteorologischer Seite zwar die Länder des Mittelmeergebietes als ein besonderes Klimagebiet abgetrennt werden, dessen Verbreitung auf der südlichen Halbkugel nicht deutlich zu erkennen ist, haben uns lithogenetische Studien dahingeführt, zwischen der gemässigten Zone und dem Tropenland einen besonderen 3) Wüstengürtel auf beiden Halbkugeln auszuscheiden. Der wesentlichste Charakter dieser Klimazone ist das Ueberwiegen der Verdunstung über die Niederschläge und die darausfolgende Abflusslosigkeit. Infolgedessen verliert die Erosion ihren massgebenden Einfluss, und da zugleich die Wüsten pflanzenarm sind und ein vegetationsloser Erdboden jeder denudirenden Kraft leicht zugänglich ist, so gewinnt die Deflation eine ganz hervorragende Bedeutung. Zwar scheint der Nil und der Colorado die Ansicht zu widerlegen, dass alle Wüsten abflusslos seien, aber bei genauerem Studium erkennen wir, dass beide Flüsse zwar Wüsten durchfliessen, dass sie aber ein klimatologisch anderes Gebiet entwässern. Der Nil, wie der Colorado gewinnen nicht an Wassermenge, während sie die Wüsten kreuzen, sondern sie verlieren Wasser, und sind also Passanten, nicht einheimische Transportkräfte.

Alle mechanischen und chemischen Bestandtheile, welche in einem wasserreichen Klima durch die Flüsse nach dem Meer geführt werden, müssen also in der Wüste bleiben, und werden darin aufgelagert. Deshalb ist gerade der Wüstengürtel eine Region intensiver Gesteinsbildung.

Durch die mangelhafte Drainage der Wüsten bilden sich auch andere Ablagerungen als im gemässigten Klima. Statt der Flusssande und Niederungslehme finden wir Dünen sand und Steppenlöss; und da chemisch gelöste Stoffe die Wüstengebiete nicht verlassen können, so entstehen überall chemische Salzabsätze. Die Armuth der Wüsten an Pflanzen und Thieren prägt sich in der Fossilarmuth der darin gebildeten Ablagerungen deutlich aus.

Während alle bisher besprochenen Klimazonen und Faciesbezirke auf beiden Hemisphären vorkommen und also in der Zweizahl entwickelt sind, giebt es 4) nur ein Tropenland, das zwischen den Wendekreisen gelegen, als ein breiter Gürtel um die Aequatoriale Zone geschlungen ist. Im Allgemeinen wird also auch in jedem fossilen Horizont die Ausdehnung tropischer Ablagerungen alle anderen Klimagebiete an Grösse übertreffen. Charakteristisch für das Tropenland sind die rothgefärbten Verwitterungsprodukte, und, im Gegensatz zu der starken Denudation in der Wüste, das Vorwiegen der cumulativen Verwitterung im Schutze einer dichten Vegetationsdecke. Obwohl die Höhe der mittleren Temperatur und der hohe Feuchtigkeitsgrad die Entwicklung des tropischen Pflanzenlebens sehr begünstigt, so verhindern doch dieselben Umstände die Ansammlung von Humus und erzeugen meist Armuth an Kohlenlagern.

Der Faciesbezirk der 5) festländischen Vulkane ist vom Polargebiet bis zum Tropenland weit verbreitet; aber da die Bedingungen der Vulkanbildung vom Klima der Erdoberfläche unabhängig sind, so lässt sich aus einer vulkanischen Ablagerung des Festlandes nur schwer die geographische Lage bestimmen. Die Vulkane Kamtschatkas und Islands bauen sich aus nahezu denselben Elementen auf wie der Kilimandscharo und die Vulkane von Kamerun, und nur gewisse begleitende Sedimente und Denudationserscheinungen erlauben Schlüsse auf die klimatischen Umstände des Faciesbezirks. Das Vorkommen von Gletscherschliffen und Moränen auf der einen Seite, die lateritische Verwitterung andererseits lassen sich bei derartigen Studien verwerthen.

Auch das 6) Litoralgebiet ist ein universell verbreiteter Faciesbezirk. Von Spitzbergen bis nach Ceylon wird der Strand und die Küste durch dieselben meteorologischen und oceanologischen Bedingungen beherrscht. Zwar werden wir noch zu zeigen haben, dass die Ablagerungen des Litorals unter günstigen Umständen auf die geographische Breite Schlüsse zu ziehen erlauben, aber die Nähe des Meeres verwischt bekanntlich klimatische Gegensätze, überall wirken Land- und Seewind, Brandung und Salzwasser als binomische und lithogenetische Faktoren.

Es dürfte Verwunderung erregen, dass ich hier das Litoral als ein festländisches Gebiet behandle, umsomehr, als die geologische Kunstsprache mit dem Ausdruck „Strandbildung“ die Ablagerungen eines flachen Wassers zu bezeichnen pflegt. Aber der deutsche Sprachgebrauch versteht unter Strand nur das wasserentblösste Gebiet der Küste, und an diesen Gebrauch müssen auch wir uns halten. Das Litoral wurde im binomischen Theil dieses Werkes unter den marinen Lebensbezirken geschildert, und es könnte daher scheinen, als ob wir den litoralen Faciesbezirk anders umgrenzen wollten wie den gleichnamigen Lebensbezirk. Allein diese scheinbare Inconsequenz liegt darin, dass wir dort nur die Bionomie des Meeres schilderten, und dass deshalb das Litoral als das festländische Grenzgebiet mit berücksichtigt werden musste.

Das Litoral ist (s. S. 13) derjenige Theil des Festlandes, welcher in meteorologischen oder bionomischen Beziehungen zum Meere steht und derjenige Theil des Meeresgrundes, welcher bei Ebbe trocken liegt, mit anderen Worten, es ist ein Theil des Festlandes.

Bei allen astronomischen Veränderungen unseres Sonnensystems verändert sich die Lage und die Grenze der Klimazonen und somit auch diejenigen der 7 Facieszonen des Festlandes. Sobald die Rotationsaxe der Erde ihre Stellung zur Sonne ändert, verschieben sich sofort die Grenzen der 2 Polarzonen, die 2 gemässigten Zonen, der 2 Wüstengürtel und des Tropenlandes. Niemand vermag vorläufig zu sagen, wie gross derartige Axenänderungen im Laufe der geologischen Geschichte gewesen sein mögen — aber die im letzten Jahre durch die Astronomie sicher gestellte periodische Aenderung der Erdaxe lässt es nicht ausgeschlossen erscheinen, dass in der geologischen Vergangenheit beträchtlichere Axenschwankungen vorgekommen sind. Die Erdgeschichte ist berufen, diese Probleme zu untersuchen und die Frage nach der Orientirung der Erde im Sonnensystem durch methodische Beobachtung zu studiren.

Dagegen gestattet die Verbreitung des litoralen Faciesbezirks Schlüsse auf die Vertheilung von Meer und Festland zu ziehen. Das Litoral ist immer das Grenzgebiet beider Elemente gewesen, und wenn wir eine Geschichte der litoralen Facies durch alle geologischen Perioden besäßen, so würden wir damit eine Geschichte der Meere und Festlandsräume haben. Oscillationen und Transgressionen würden klar vor unseren Augen liegen und damit eine wichtige Grundlage für thiergeographisch-phylogenetische Studien gewonnen sein.

Aus dem Faciesbezirk der festländischen Vulkane können wir nur wenig erdgeschichtliches Material gewinnen. Zwar ist Vulkanbildung ein Symptom von Dislocationen, und jeder Vulkan ist die Folge von Massenverschiebungen in der Erdrinde, allein dafür bietet ja die tektonische Methode viel direktere und sichere Thatsachen; und nur die einzelnen Zeitphasen der dislocirenden Vorgänge dürften mit Hilfe festländischer Vulkane zu enträthseln sein.

16. Das Polargebiet.

Das Polargebiet wird nach HANN¹⁾ umgrenzt durch den 66,5° Breitengrad. Nach SUPAN charakterisirt es sich durch die Jahresisotherme von 0°, und beständiges Bodeneis. Da die Bodentemperatur etwas höher ist als die mittlere Luftwärme, so entspricht die Polargrenze des Bodeneises nach WILD durchschnittlich der Jahresisotherme - 2°. Die kalte Zone umfasst nach SUPAN a) den Aequatorialgürtel der Polarzone zwischen der Jahresisotherme von 0° und der 0° - Isotherme des wärmsten Monats; b) den eigentlichen Polargürtel jenseits der 0° - Isotherme des wärmsten Monats.

Die hauptsächlichste Eigenthümlichkeit des Polarklimas während des Winters besteht in einer mehr oder minder langen Abwesenheit der Sonnenstrahlung, und während des Sommers in einem schieferen Einfallen der Sonnenstrahlung als in den übrigen Klimagebieten der Erde. Wenn auch die grösste Winterkälte nur an den Rand des nördlichen Polarkreises fällt, so beherbergt doch das Nordpolargebiet, und wahrscheinlich ebenso das Südpolargebiet, die niedrigsten mittleren Jahrestemperaturen. Würde ein ausgedehnter Kontinent die Polarregionen einnehmen, so könnte bei der Abwesenheit erheblicher Niederschläge und dem Fehlen einer dickeren Schneelage, die Sommerwärme in der That vom Polarkreis gegen den Pol hin sich nur wenig ändern. Bei der gegenwärtigen Vertheilung von Wasser und Land in den beiden Hemisphären wird aber das Polarklima weniger durch die strenge Winterkälte, welche es ja mit dem Kontinentalklima auch südlich vom Polarkreis gemein hat, als durch die niedrige Sommertemperatur charakterisirt. Der Sommer ist kühl und kurz. Infolgedessen verhalten sich ebene Flächen ganz anders, als die von stärkerer Sommerwärme getroffenen geneigten Erdoberflächen. Auf den ebenen Flächen stagnirt das Schmelzwasser über dem ewigen Bodeneis, gefriert immer wieder von unten, und die schief einfallenden Sonnenstrahlen bleiben auf dem eisigen Morast fast ohne Wirkung. So bildet oftmals die ebene Polarfläche eine sterile Wüste, während der gencigte Boden, wo er nicht von Geröll oder Schnee gebildet wird, einem Garten gleichen kann. Diese hochnordischen Ebenen, welche nur die ärmlichste Vegetation zulassen, werden „Tundra“ genannt. Der ausserordentlich geringe Wasser-

1) HANN, Handbuch der Klimatologie 1883, S. 233, 743.

dampfgehalt wird durch die unzähligen feinsten Eiskrystalle, die die Luft erfüllen und die Klarheit des Tageslicht bis zu einer graugelben Dämmerung dämpfen, nicht ersetzt. Infolgedessen findet man auch während des Polarwinters sehr geringe Niederschlagsmengen. Ausgenommen sind nur die Uferländer und Inseln des warmen, vom offenen Meer beeinflussten nordeuropäischen Eismeer.

RINK¹⁾ hat schon in den fünfziger Jahren die Meinung geäußert, dass, wie in anderen Ländern die Flüsse den Ueberschuss des Niederschlags über die Verdunstung dem Meere zuführen, so in Grönland die Eisströme.

Alle Polarforscher²⁾ betonen die Unmöglichkeit einer halbwegs genauen Messung der Schneemenge, wegen der so oft und heftig wehenden Winde, welche theils den gefallenen Schnee aus dem Schneemesser heranstreifen, theils mitgeführten hineinwerfen.

Im Allgemeinen findet der Schneefall der Arktis in feiner, trockener Form statt, der schwere Flockenschnee zählt zu den Ausnahmen. Am 1. Mai 1873 beobachtete HALL 90 cm frischen Schnee.

Ausserdem fallen zwischen Mai und Oktober gelegentlich feine, kurze Regenschauer oder lange, stetige, nebelige Regen, sehr selten eigentliche Platzregen. Auch für Reifbildung ist der kalte Polarboden sehr günstig. Bei der grossen Kälte der arktischen Regionen zeigt der Schnee nichts von der weichen, daunigen Beschaffenheit, die man in niederen Breiten sieht, sondern jede Flocke, hart und einzeln wie ein Sandkorn, häuft sich zu einer harten, krümeligen, sandartigen Masse auf. Vermöge der Trockenheit ballt sich der Schnee nicht und liegt oft so locker, dass er wie feiner Dünenand vom leisesten Windhauch emporgetrieben und fortgeführt wird, aber nicht an hervorragenden Gegenständen haftet. Die überaus heftigen, zahlreichen Winde machen oft selbst im Winter die Berggipfel, Abhänge und freiliegenden Plätze schneefrei. Die Schneedecke der Arktis liegt infolge der starken Winde höchst unregelmässig.

Überall, wo Schnee wiederholten Schwankungen der Temperatur bald über, bald unter dem Gefrierpunkt ausgesetzt ist, verwandelt er sich in eine grobkörnige Masse, den sogenannten Firn.

Die Firngrenze ist in keinem anderen Theil der Erde grösseren Schwankungen unterworfen, als im Polargebiet. Die orographische, aber nie die klimatische Firngrenze erreicht das Meer. Einzelne Firnflecken sind in Meereshöhe beobachtet worden, die klimatische Firngrenze aber zieht sich in allen bekannten Gegenden der Arktis weit vom Ufer zurück.

Auf dem grönländischen Inlandeis wird durch die Sommerwärme der Schnee nur oberflächlich geschmolzen. In einer Höhe von 2270 m fand NANSEN³⁾ die lockeren Schneemassen der Oberfläche 8 cm dick, darunter folgte eine Eiskruste von 1 cm, dann 18 cm lockerer Schnee, tiefer kam wieder eine härtere Eisschicht, die sich nur mit Mühe durchbohren liess, darauf liess sich der Stab 30—60 cm tief durch härter

1) WOJTKOFF, Die Klimate der Erde, II, S. 16.

2) FRIEDRICH, Niederschläge und Schneelagerung in der Arktis. Leipzig 1891, S. 13.

3) NANSEN, Auf Schneeschuhen durch Grönland 1891, II, S. 118.

und härter werdenden Schnee bohren, bis er nicht mehr eindringen konnte.

Diese Beobachtung stimmt mit ähnlichen Erscheinungen in den Firnmulden alpiner Gletscher überein, wo man an den Kluftwänden¹⁾ der Firnregion schon in wenigen Metern unter der Oberfläche festes, zwar noch blasenreiches und deshalb weisses, unvollkommenes und nur undeutlich körniges Eis, das Firneis erkennt, dessen Firnkörner durch eingesickertes, wieder gefrorenes Wasser verkittet sind.

Allmähliche Uebergänge verknüpfen den Schnee mit dem Firn ebenso wie diesen mit dem eigentlichen Gletschereis. Die Oberfläche des grönländischen Inlandeises ist fast ganz eben, sie wölbt sich nur in schwachen, langen N. S. gerichteten Wellen, die man kaum mit dem Auge wahrnehmen kann. Weder von Spalten noch von Wasserrinn-salen war auch nur eine Spur zu merken. Anders freilich ist die Oberfläche des Eises an der Küstenzone beschaffen. Hier fand NORDENSKJOELD²⁾, dass sich in einer Tiefe von 3—4 m der Schnee in Eis verwandelte, indem derselbe zuerst aus einer Lage von lauter grossen, prachtvollen Eiskrystallen bestand, dann in eine körnige Eismasse und endlich in blasenreiches Eis überging. Schon im Juli war der Oberflächenschnee vollständig geschmolzen, und das Eis bis 45 km von der Küste durch grosse Klüfte gespalten. Die Klüfte waren häufig nur wenige Meter voneinander entfernt, liefen gewöhnlich parallel, und waren meist wasserleer. Unzählige Schmelzflüsse brausten an anderen Stellen, bis 20—30 km von der Küste, über das Eis in vielgewundenen Kanälen, manchmal ergossen sie sich in einen See, aus dem ein kurzer Abfluss brausend in einen riesigen „Gletscherbrunnen“ hinabstürzte.

Während im Inneren Grönlands keine einzige Felsspitze aus dem Eise aufragt, findet man im Küstensaum Schaaren spitziger Felsnadeln durch das Eis dringend, die sogenannten Nunatakker. Dieselben vereinigen sich zu Bergzügen, und zwischen diesen fliesst das Eis in einzelnen Gletscherzungen dem Meere zu.

Das Eis³⁾ ist in Grönland wahrscheinlich 2000 m dick. Diese ganze Eismasse ist eine plastische Substanz und steht in der Tiefe unter hohem Druck. Da nun, wie v. DRYGALSKI beobachtete, durch die Oberflächen-Schmelzwasser den tiefsten Eisschichten beständig Wärme zugeführt wird, da ausserdem Druck und Erdwärme die tieferen Eisschichten beeinflussen, so fliesst das Binneneis beständig wie ein zäher Kuchen nach allen Seiten auseinander.

Die meisten Schmelzflüsse am Rand des Binneneises entstammen diesen tiefen Schichten, und die Wassermasse, die auf solche Weise das Meer erreicht, ist vielleicht sogar noch grösser als diejenige, die ihm in Form von Eisbergen zugeführt wird.

Die Geschwindigkeit der Eisbewegung in Grönland ist grossen Schwankungen unterworfen, aber meist viel rascher als die Bewegung alpiner Gletscher. Am Eisfjord Augpadlartok⁴⁾ floss das Eis im April 10 m, im August 31 m pro Tag.

1) HEIM, Handbuch der Gletscherkunde, S. 107.

2) NORDENSKJOELD, Grönland 1886, S. 143 f.

3) NANSSEN, Auf Schneeschuhen durch Grönland, Anhang.

4) RINK, Petermanns Mittheil. 1888, S. 68.

Die Denudation beginnt im Polargebiet mit der Verwitterung. Die Temperatur der Luft und noch mehr die des Erdbodens ist grossen Schwankungen unterworfen; während des kurzen Sommers thaut das Eis täglich in den Spalten der Felsen und friert täglich wieder zu Eis. Dadurch werden die Felsen zerklüftet und das Schmelzwasser wirkt chemisch zersetzend auf die Gesteine ein. In allen Reisebeschreibungen lesen wir von dem Schutt, der den Fuss polarer Berge umgibt und von den Schlamm- und Geröllmassen, die alle Bäche führen. Als Transportmittel sehen wir Gletschereis und Schmelzwasser wirken, ausserdem spielt aber die Deflation eine nicht zu unterschätzende Rolle. RINK¹⁾ beschreibt den Transport von Lehmstaub durch den Wind; und der bis 30 km vom Rande des Eises auf Grönland verbreitete Staub (Kryokonit²⁾ NORDENSKJOELDS ist jedenfalls durch Winde bis dahin verschleppt worden. Wenn man in den Reiseberichten liest, welche heftigen Stürme im Polargebiet auftreten, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass der Wind eine grosse Rolle bei der Denudation jedes Nuntaks und jeder aus dem Eis aufragenden Klippe spielt.

Der Wind³⁾ fegt den Boden in Ostgrönland so rein, dass er mit dem Schnee eine beträchtliche Menge Erde, Sand und Steine vom gefrorenen Boden weit hinans durch die Luft jagt, so dass meilenweit das Eis nach solchen Stürmen eine schmutzigbraune Farbe annimmt.

Die Denudationsfläche des Polargebietes ist eine verschiedene, je nachdem sie unter dem Eis durch Exaration, oder ohne Eisbedeckung durch Deflation und Erosion gebildet worden ist. Die Exarationsflächen bilden gerundete, abgeschliffene Anhöhen. In der grönländischen Hochregion⁴⁾ vermisst man scharfe Bergspitzen, überall sieht man abgehobelte, polirte Berggipfel, concave Bergseiten, abgeglättete, kesselförmige Becken in allen möglichen Grössen, Thalformen mit mächtigen Treppenstufen, welche eine erstaunliche Ähnlichkeit mit Amphitheatern haben, sowie unfruchtbare, halbcylindrische Thäler mit ebenem, gescheuertem Thalgrund. Häufig liegt keine Spur von neugebildeten Ablagerungen⁵⁾ auf dem Felsengrund.

Anders ist die Denudationsfläche der Klippen gestaltet, welche nicht vom Eis begraben sind, und deren Form unseres Erachtens wesentlich durch den Wind bestimmt wird. Hier sehen wir spitzige Felszacken, die an Steilheit und Zerrissenheit mit den Gipfeln alpiner Berge wetteifern.

Die Ablagerungen des Polargebietes sind mechanischen, chemischen, organischen und vulkanischen Ursprungs, aber da wir die festländischen Vulkane gesondert besprechen wollen, so können wir uns auf die drei ersten Typen hier beschränken.

1. Die mechanischen Ablagerungen sind am weitesten verbreitet und finden sich erstens als Gehängeschutt an den eisfreien Felsabhängen. Im Gegensatz zu anderen Klimabezirken ist der polare Gehängeschutt während eines grossen Theils des Jahres festgefroren und unbeweglich. Nur während der kurzen Sommermonate vollzieht sich

1) RINK, Petermanns Mittheil. 1880, S. 103 und 1885, S. 55.

2) NORDENSKJOELD, Grönland, S. 197.

3) PANSCH, Die zweite deutsche Nordpolfahrt 1874, II, 1., S. 6.

4) LEHMANN, Petermanns Mittheil. 1880, S. 96, 98.

5) RINK, Petermanns Mittheil. 1885, S. 58.

die Bildung und Umlagerung des von den Schmelzwassern und dem Winde denudirten, oder durch Spaltenfrost abgesprengten Gesteinsmaterials. Auf Spitzbergen¹⁾ finden sich 100—200 m hohe Steinhaufen, welche Frost und Verwitterung an mehreren Stellen der Seiten der steilabfallenden Küste überge (Hornsund, Magdalenabai, Norskinseln) gebildet haben. Auf ihnen nisten die *Mergulus alle*. Die harten Dioritfelsen um den Dicksonhafen (am Jenissei) verwittern sehr leicht. Die Berghügel sind deshalb häufig so zersprengt, dass sie bloß ungeheure Steinhaufen bilden. Auf einer Insel an der Jenisseimündung fand man die anstehenden Gneissfelsen vom Froste gesprengt und ziemlich reich mit Moosflechten bekleidet. An niedrigen Stellen lag ein Schuttlager darauf, das durch Eintrocknen und die dabei eintretende Zusammenziehung in sechsseitige 30—50 cm grosse Scheiben zersprungen war. An den Sprüngen wuchsen verkrüppelte Moose, Flechten und Blumen gewächse. Am Taimyrsund waren niedrige Gneissberge vom Frost so zerklüftet, dass sie in ungeheuere, flechtenbekleidete Steinhaufen verwandelt waren. Auch am Kap Tscheljuskin war der Schuttboden in mehr oder weniger regelmässige Sechsecke zersprungen. Die Bäreninseln ausserhalb der Kolymamündung bestehen aus plutonischen Gesteinen, die bis auf riesengrosse, freistehende Pfeiler ganz verwittert sind. Bei Irkaipij findet sich ein Gabbro weitverbreitet, der durch Frost in kantige Steinblöcke zerbrochen war, so dass die Oberfläche des Berges in einen ungeheueren Steinhaufen verwandelt schien.

Die Mergelschichten²⁾ von Kap Agardh auf Spitzbergen sind in einem rapiden Zersetzungsprocess begriffen. Der Frost scheint hierbei, verbunden mit dem Schneedruck, eine Hauptrolle zu spielen. Während der Sommermonate sind die weichen, dünngeschichteten Gesteine beständig dem herabträufelnden und herabrieselnden Schneewasser ausgesetzt, welches die Thonbestandtheile wegschwemmt und alle Spalten erfüllt; tritt dann Frost ein, so sprengt das sich ausdehnende Eis die festeren Schichten. Nun folgen über den Winter Schneemassen, die einen heftigen Druck auf den Boden ausüben; kommen auch diese ins Schmelzen und Rutschen, so tragen sie das gelockerte Gestein zu Thal, wo es moränenartig aufgethürmt wird. Die unter grösseren erratischen Blöcken liegenden Mergelschichten sind länger vor den zerstörenden Einflüssen des Wetters geschützt, und so bilden sich pilzartige Felsenzacken, deren 1 m hoher Stiel aus Mergelschichten besteht, während der erratische Block als Hut darauf sitzt.

2. Der grössere Theil des Gehängeschuttes wird vom Eise erfasst und als Moräne transportirt. Charakteristisch für die Polargebiete ist das Fehlen von Oberflächenmoränen. Bei seiner Durchforschung Grönlands fand JENSEN³⁾ nur am äussersten Küstensaume erratisches Material auf dem Binneneise. Dasselbe stammte nachweislich von aufragenden Nunatakkers; Schutt verschwindet immer sehr bald in Spalten und kommt gelegentlich vor einem Hinderniss wieder an die Oberfläche empor.

1) NORDENSKJÖLD, Die Umseglung Asiens und Europas auf der Vega, I. S. 95, 169, 289, 300.

2) HEUGLIN, Reisen nach dem Nordpolarmeer 1872, I, S. 131.

3) RINK, Petermanns Mittheil. 1880, S. 101, Ann. 2.

Um so grösser sind die Schuttmengen, die vom Gletschereis am Boden erfasst und als Grundmoräne denudirt werden. Die Gerölle, Sand und Schlammtheile, die in die tieferen Schichten des Eises aufgenommen und mit dem Inneneis dem Meere zu verfrachtet werden, kommen erst da zur Ablagerung, wo das Eis schmilzt. In der Geschichte jedes Gletschers, ebenso wie des polaren Inlandeises, können wir drei verschiedene Phasen leicht unterscheiden, die in häufigem Wechsel mit einander vorkommen. Die geographische Verbreitung einer solchen fliessenden Eismasse wird nämlich durch die Geschwindigkeit des Fliessens einerseits, und die Intensität des randlichen Abschmelzens auf der anderen Seite bestimmt. Die Länge des Eises ist stabil, so lange das Fliessen und das Abschmelzen (oder Abbrechen) des Eisrandes mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgt. Das Eis schreitet vor, wenn das Fliessen rascher erfolgt als das Abschmelzen. Das Eis zieht sich zurück, wenn der umgekehrte Fall eintritt. Jeder dieser Vorgänge wird durch bestimmt geformte Ablagerungen charakterisirt. Beim Vorrücken des Eises entstehen lokale Stauungsmoränen, bei stabilem Stand des Eisrandes bildet sich eine Endmoräne, beim Rückzug des Gletschers wird der Boden mit Geschiebemergel bedeckt. Stauungsmoräne nennt (COLLOMB)-HILBER¹⁾ Massen von Gletscherschutt, welche sich an jeder über den Gletscherboden ragenden Kuppe, an der Stossseite des Gletschers anlehnen. Es sind das Endmoränen, welche trotz des Weiterschreitens des Eises liegen bleiben.

Endmoränen entstehen, so lange der Eisrand stabil bleibt, aus der Anhäufung der aus dem schmelzenden Eis niederfallenden Schuttmassen. Die Endmoräne²⁾ des diluvialen Eises bildet in der norddeutschen Tiefebene einen zusammenhängenden Rücken, oder sie besteht aus einzelnen Kegelbergen, welche namentlich in der Gegend von Joachimsthal ihre Umgebung 5—40 m überragen. Der wallartige Charakter tritt besonders auch dadurch scharf hervor, dass der Rücken oft nur einen ganz schmalen Kamm besitzt, und die Böschungen unter 30—45° geneigt sind. Es kann also unter Umständen auch die innere Struktur der Endmoräne eine so stark geneigte Schichtung erkennen lassen. Bei Feldberg fällt die Endmoräne mit ziemlich steilen Abhängen nach beiden Seiten zu ein. Hier ist Block auf Block gethürmt, welche zum Theil Durchmesser bis zu 3 m besitzen, und das Ganze macht den Eindruck, als ob ein künstlicher Steinwall hier aufgebaut wäre.

In Nordamerika³⁾ ist die diluviale Endmoräne besonders grossartig entwickelt und lässt sich vom Atlantik bis nach Dakota leicht verfolgen. Hier besteht sie aus einem breiten Streifen unregelmässig gestalteten Landes, das durch theilweise Vereinigung von zwei oder mehr Geschieberücken entstanden ist, und eine Breite von 40—60 km erreicht. Die einzelnen Rücken sind 2—12 km breit und zeigen dieselbe Struktur im Kleinen, so dass man sie wieder in noch schmalere, schwer von einander zu trennende Rücken zerlegen könnte. Die

1) HILBER, Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1879, S. 551.

2) WAHNSCHAFPE, Die Ursachen der Oberflächengestaltung des Norddeutschen Flachlandes 1891, S. 106 f.

3) CHAMBERLIN, Rep. U. St. Geolog. Survey, 1881—2, S. 310 f.

Oberfläche der diluvialen Erdmoräne lässt ein System rundlicher Dome, kegelförmiger Hügel, gewundener und bisweilen knotiger Kämme, kurzer, spitzer Seitenrücken, Höcker und Hügel erkennen, wird durcheinander gemischt und verbunden durch entsprechende Vertiefungen, die oft noch bezeichnender in ihrer Form sind. Diese Depressionen sind bisweilen von kreisförmigem Umriss, doch selten so symmetrisch als es gewöhnlich beschrieben wird. Gelegentlich nähern sie sich in ihrer Form einem Trichter, oder einer umgekehrten Glocke, während die flacheren mehr einem Saucennapf gleichen, und andere annähernd oval, eiförmig oder elliptisch sind, oder in lange, trogähnliche, gewundene Thäler ausgezogen erscheinen, und die meisten derselben unregelmässige Formen besitzen. Ihre Tiefe wechselt von 1–30 m, die Böschung ihrer Abhänge ist oft 30° oder 35°. Die Länge ist bisweilen mehr als 150 m. Charakteristisch ist das Vorkommen vieler kleiner, abflussloser Seen zwischen den Moränenrücken.

Auf den Falklandsinseln¹⁾ ist die Sohle der Thäler mit ungeheuren Blockfeldern, den sogenannten „Steinströmen“ bedeckt. Die Blöcke sind nicht vom Wasser abgerieben, die Kanten sind nur wenig abgestumpft. Ihr Durchmesser beträgt $\frac{1}{2}$ — 60 m. Sie liegen nicht in unregelmässigen Haufen, sondern sind in ebene Flächen oder grosse Ströme ausgebreitet. Die Breite der Steinströme schwankt zwischen 100 und 2000 m.

Der merkwürdigste Umstand ist die geringe Neigung der Blockfelder, welche an den Berggehängen 10° beträgt und sich dann immer mehr der Horizontalen nähert. Die umgebenden Berge sind niedrig und abgerundet.

Nach der Beschreibung scheint es sich auch hier um Moränen und Rundhöcker eines jetzt gletscherfreien Gebietes zu handeln.

Die Auflagerungsfläche der oben beschriebenen Endmoräne von Nordamerika leitet in allmäligen Uebergängen zu jener Bodenform, die man als Grundmoränenlandschaft bezeichnet. Für die Beurtheilung derselben ist es nothwendig, auf die bei ihrer Bildung herrschenden Bedingungen näher einzugehen.

Unter dem grönländischen Binneneis²⁾ treten reiche Quellen hervor, welche am Rande des Eises aufsprudeln und durch Seevögelschaaren angezeigt werden, die sich daselbst anzusammeln pflegen. Noch im April beobachtete NANSEN³⁾ dass, obwohl noch kein Schneeschmelzen auf dem Küstenland bei Nunatarsuak stattgefunden hatte, doch ein starker Fluss von Schmelzwasser unter dem Eise hervor, nach dem Fjord strömte; und die Eskimo erzählten, dass selbst mitten im Winter keine Stockung eintrete. Hieraus geht deutlich hervor, dass in den tieferen Schichten des Inlandeises ein, von der Temperatur der Oberfläche unabhängiges Schmelzen stattfindet. Schnee und Eis sind schlechte Wärmeleiter und, nach den Gesetzen der allgemeinen Wärmezunahme nach dem Erdinnern zu, muss man bei einer Oberflächentemperatur von — 30° C. schon in 1000 m Tiefe im Eis eine Temperatur von 0° erwarten.

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 225.

2) RINK, Proc. Geograph. Society. London 1863, S. 76.

3) NANSEN, Auf Schneeschuhen quer durch Grönland, II, S. 406 und 449.

Nach den Untersuchungen von v. DRYGALSKI bildet das oberflächliche Schmelzwasser ebenfalls eine wichtige Wärmequelle für die untersten Eisschichten. Denn das über 0° erwärmte Schmelzwasser stürzt auf Spalten so rasch in die Tiefen des Binneneises, dass es fast seinen ganzen Wärmevorrath dem Bodeneis mittheilen kann. Mag also die ursprüngliche Temperatur der tieferen Eisschichten auch eine sehr tiefe sein, so ist sie doch durch die Schmelzwasser beständig erhöht worden und an dem spaltenreichen Rande des Binneneises spielt diese Wärmezufuhr eine grosse Rolle, während in den spaltenfreien Gebieten des Binneneises die geothermische Wärmezunahme zu genügen scheint, um die Temperatur des Eises dem Nullpunkt nahe zu bringen.

In dieser Tiefe sind also alle Bedingungen für das Schmelzen des Eises gegeben. Je dicker das Eis ist, desto dicker muss folglich auch die Schicht sein, in welcher die Temperatur auf dem Schmelzpunkt steht, und desto stärker muss das Schmelzen werden.

Es bilden sich also am Boden des Binneneises Schmelzwasserbäche, die sich einen Abfluss zu verschaffen suchen. Da NANSEN im Innern Grönlands nirgends Spuren von Wasser getroffen hat, so muss das gesammte Schmelzwasser nach dem Rande des Eises strömen und sich hier einen Ausweg suchen. Selbstverständlich ist es weniger der Gletscherboden, als die tiefste Schicht der Eismasse, die mit Steinen, Sand und Schlamm durchsetzte Grundmoräne, welche vom Schmelzwasser angefressen wird. Dass die subglacialen Bäche im wesentlichen derselben Richtung folgen, welche die Bewegung des Eises beschreibt, ist selbstverständlich, da sie sonst gar bald in ihrem Lauf gehemmt würden.

Aus allem dem geht hervor, dass der Transport der Grundmoräne und die Aufbereitung ihres Schuttes nicht allein durch das Eis, sondern theilweise durch subglaciale Wasserbäche veranlasst wird, und dass infolgedessen die Anordnung der dabei entstehenden Ablagerungen sehr wechselnde Eigenschaften zeigt.

Als eine Wirkung der subglacialen Wasserbäche sprechen wir mit NANSEN die Aasar¹⁾ an. Sie finden sich in Schweden und Russland am besten entwickelt und sind wallähnliche Höhenzüge, die oft ununterbrochen Meilen weit, in nahezu paralleler Richtung durch das Land streichen. Von den Ufern der Ostsee bis nach dem Wenerusssee kennt man 8 Hauptaasar, welche alle NNW—SSO streichen und bis zu 280 km lang sind. In Ebenen, auf Plateaus, überhaupt in nicht kupirtem Terrain zeigen sie ihre regelmässigste Entwicklung, hier streichen sie auf langen Strecken ohne Unterbrechung fort als wohlgerundete Rücken. Wo sie hingegen über Berg und Thal hinziehen, ist ihr Lauf minder regelmässig und oft unterbrochen. Gewöhnlich sind die Abhänge 15—20° geneigt, selten über 30°. Die beiden Gehänge sind selten gleich abschüssig. Im Allgemeinen übersteigen sie ihre Umgebung um 15—30 m, selten werden sie 60 m hoch. Zuweilen verflachen sie sich in dem umgebenden Thonboden.

1) v. HELMERSEN, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1860, S. 38.
v. ZEPHAROVICS, das. 1871, S. 528, Ref.
TOERNEBOHM, das. 1872, S. 80, Ref.

Betrachten wir die Charaktere des neuerdings vom polaren Binneneis verlassenen Bodens, so zeigt derselbe eine sehr unregelmässige Oberfläche. Ueberall liegen erratische Blöcke umher, verbunden durch Sand und Schlamm lager. Im Küstengebiet von Grönland ¹⁾ sind die Berge übersät mit Felsblöcken, deren Ecken abgestossen sind, oft von ungeheueren Dimensionen.

Jene oben beschriebenen, unregelmässigen Hügel und Vertiefungen am Innenrand der Nordamerikanischen Endmoräne charakterisiren das ganze mit Glacialschutt bedeckte Land und erzeugen ein Gemälde, das man als Moränenlandschaft auch vom Nordrande der Alpen beschrieben hat. Da die Grundmoräne ²⁾ aus den festen und lockeren Gebilden hervorgegangen ist, welche das Eis überschritt, verarbeitete, und mitschleppte, so erhält sie ihren petrographischen Charakter von den daselbst anstehenden Gesteinen. Im nördlichen und mittleren Schweden, wo das krystallinische Grundgebirge weit verbreitet ist, besteht die Grundmoräne aus einem Haufwerk grosser und kleiner Blöcke von unregelmässiger, kantengerundeter Form, welche oft mit deutlichen Gletscherschliffen und Kritzen versehen sind und in einem grandig-sandigen, oft auch mehlig zerriebenen Materiale liegen. Weiter südlich jedoch, wo Kalksteine, Thonschiefer, Thon- und Kreidebildungen vorhanden waren, da bildete sich aus den leicht zerstörbaren thon- und kalkhaltigen Gesteinen eine mehr plastische, thonigkalkige Grundmoräne, welche auch die Zerreibungsprodukte und grossen Geschiebe der krystallinischen Formationen in sich aufnahm, und bei ihrer Fortbewegung unter dem Inlandeise gleichmässig vertheilte.

Die innere Struktur der Moränen bietet sehr viel Uebereinstimmung. Charakteristisch ist es, dass die gröberen Blöcke wirt und regellos in einem sandigen Lehm eingebettet sind. Die Blöcke sind scharfkantig oder entkantet, seltener vollkommen rund geschliffen. Ihre Oberfläche zeigt häufig Schrammen, Kritzen und andere glaciale Corrasionserscheinungen. Verbunden mit diesem ungeschichteten „Blocklehm“ kommen sehr oft wohlgeschichtete Ablagerungen vor, deren Entstehung durch die bald stagnirenden, bald rasch dahinrauschenden Schmelzwasser unter und vor dem Eise leicht verständlich ist. Man bezeichnet sie auch als „fluvioglaciale“ Bildungen.

Die nordamerikanische Endmoräne ³⁾ besteht aus zwei verschiedenen Theilen. Eine geschichtete, nach der Korngrösse sortirte, Ablagerung bildet das Hangende, ohne dass sie gerade die höchsten Gipfel der Moränenzuges zusammensetzte. Die Schichtung ist meist discordant (diagonal), die Schichten fallen am häufigsten nach dem Aussenrande der Moräne; in Hügeln und Kuppen beobachtet man einen antiklinalen Aufbau.

Das andere Element der Moräne bildet ihre tieferen Theile und besteht aus einem ordnungslosen Haufwerk von Thon, Sand, Kies und Blöcken. Alle Uebergänge von Riesenblöcken zu dem feinsten Felsmehl sind zu beobachten. Die erratischen Blöcke zeigen alle Stadien der Kantigkeit, von kaum enteckten Felsen bis zu vollkommen gerun-

1) RINK, Petermanns Mittheil. 1880, S. 96.

2) WAHNSCHAFTE, l. c., S. 82.

3) CHAMBERLIN, l. c., S. 311.

deten Geschieben. Die Oberfläche ist mit Schliffen und Kritzen bedeckt. Eingeschaltet in dieses homogen gemischte Material findet man lokal wohlgeschichtete Ablagerungen.

Man darf sich gar nicht darüber wundern, in den Moränen des diluvialen Binneneises neben ungeschichteten, auch horizontal-regelmässigen und diagonal-geschichteten Ablagerungen zu begegnen, denn am Rande des grönländischen Binneneises sehen wir, wie an jedem Gletscher grosse Mengen von Schmelzwasser während des ganzen Jahres hervorstürmen; die durch diese Schmelzwasser aufbereiteten, geschichteten Sedimente gehören also als nothwendige korrelative Facies zu den regellos struirten Moränengebilden.

3. Das Schmelzwasser bildet häufig Tümpel und Seen, welche bald rings von Moränen umgeben sind, bald durch Eis aufgestaut werden, wie der Kangerdlukasik¹⁾ (der „verkehrte Fjord“) auf Grönland, der zwischen 1851 und 1870 durch das 300 m dicke Binneneis abgeschnitten wurde, und dessen ursprünglicher Zusammenhang mit dem Meere durch die vielen Seehunde bewiesen wurde, die ihn belebten. 1879 stand er wieder in offener Verbindung mit dem Meere, aber 1880 begann das Eis wieder vorzurücken und ihn abermals zu isoliren.

Landseen in Moränen eingesenkt sind im Polargebiet sehr zahlreich und bis 24 km lang²⁾. Wenn man nun erwägt, dass diese Seen meist von Schmelzwasserbächen gespeist werden, und dass diese Bäche ungeheure Mengen von Schlamm führen, so wird es verständlich, dass sich hierbei, mitten zwischen den Moränen, ausgedehnte Ablagerungen bilden, die sich in nichts unterscheiden von wohlgeschichteten Sedimenten.

HELLAND³⁾ fand in 1 kbm Gletscherwasser am Assakakgletscher 75 g, am Alangordleekgletscher 2374 g Schlamm.

Das oben angeführte Beispiel des Kangerdlukasik lehrt uns zugleich, in welcher Weise am Boden eines solchen Beckens abwechselnd marine und festländische Organismen in die übereinanderliegenden Schlammsschichten eingebettet werden. Bei Besprechung des Litoralgebietes werden wir noch darauf zurückkommen.

4. Am Boden solcher Seen und Tümpel bilden sich aber auch chemische Ablagerungen. Im Norden⁴⁾ der Ryk-Ysinseln finden sich vier Süswasserseen, in welche mehrere Bäche hineinströmen, deren Wasser grosse Mengen eines gelblichröthlichen Ockerschlammes enthielt, der Steine und Flechten dick inkrustirt hatte.

Am Rande des Unteraargletschers beobachtete ich, dass sich in kleinen flachen Tümpeln grosse Mengen von gelbem Ockerschlamme bildeten, der sich auf allen Steinen am Boden derselben als eine glänzendbraune Kruste niederschlug. Aber diese Wasserlachen haben nur einen kurzen Bestand, und sobald sie von einem Zweig des Gletscherwassers erreicht werden, hört die Ockerbildung auf. Die braungefärbten Steine werden vom Bach mit fortgerissen und mischen sich endlich unregelmässig zwischen die anderen Bachkiesel und Moränengeschiebe. Es macht einen räthselhaften Eindruck, wenn inmitten zahl-

1) RINK, Petermanns Mittheil. 1883, S. 135.

2) RINK, Petermanns Mittheil. 1886, S. 49.

3) HEIM, Gletscherkunde, S. 363.

4) KUEKENTHAL, Petermanns Mittheil. 1890, S. 66.

loser weisser Gerölle, einzelne dunkelbraune Geschiebe liegen, und es ist wahrscheinlich, dass eine ähnliche Verschleppung ockergefärbter Gerölle in das Moränenmaterial auch im Polargebiet stattfindet.

Am 4. August 1875 fand die Vega¹⁾ das Meerwasser salzarm und konstatierte das Mündungsgebiet des Ob und Jenissei durch die gelbgraue Thonfarbe des Wassers. Das im Wasser schwimmende Eis war schmutzig. Ausserhalb der grossen Flüsse ist nämlich das Eis häufig, wenn der Schnee fortgeschmolzen ist, mit einem gelben Thonlager bedeckt. Diese Thonerde besteht offenbar aus Schlamm, welcher mit dem Flusswasser herabgespült und nachher von dem Wogenschwall auf das schneebedeckte Eis geworfen worden ist. Das Schneelager versieht den Dienst eines Siebes und scheidet den Schlamm wieder aus dem Wasser, welches deshalb nach dem Schmelzen des Schnees auch auf wirklichem Meereseis ein Schmutzlager bilden kann, das die Ueberreste einer Menge kleiner Organismen enthält, welche sonst nur im Süswasser leben.

5. Weit verbreitet sind organische Ablagerungen im Polargebiet, und unter diesen nehmen die Moore und Humusablagerungen den ersten Rang ein. In den höheren Breiten²⁾ hängt das Pflanzenleben in Anbetracht der kurzen Sommerperiode von ganz besonders günstigen Verhältnissen ab. Zu diesen gehört vor allem ein warmer, geschützter Standort und geeigneter Boden. Sanft geneigte Strandgebiete, der Südfuss von Bergen, schwarzer humusreicher Boden, in welchem durch den Verwesungsprocess die Temperatur merklich gesteigert ist, und dessen Farbe schon mehr Sonnenstrahlen auffängt, sind der Vegetation günstig.

Nur auf Schutt und zersetzten Felsmassen siedeln sich Pflanzen in grösserer Menge an. Eigenthümlich ist das gesellschaftliche Vorkommen der meisten nordischen Gewächse; sie drängen sich dicht, büschel-, rasen- und bouquetartig zusammen, gegenseitig Schutz suchend, und gewährend. Ausserdem tragen sie keine tiefen senkrechten Wurzeln, da der beständig gefrorene Boden das Eindringen derselben verhindert.

Auf Novaja Semlja³⁾ zeigt der Felsenschutt eine etwas reichere Vegetation rasenförmig wachsender Pflanzen. Kleine Pflanzenrasen finden sich auf den isolirten Kalkfelsen, welche durch den Schiefer hindurchragen. Von pflanzenreichen Gebieten aus schwemmt das herabfliessende Schneewasser nach tieferen Stellen einen dunklen Lehm, der im Sommer eintrocknet, und durch 2—10 cm breite Risse in eine Menge polygonaler Tafeln zertheilt wird. Doch mehrt sich der Humus an den meisten Stellen nur sehr langsam. Aber da diese Humusmassen während des grössten Theils des Jahres unter einer Schneedecke, im Sommer häufig unter Wasser liegen, so ist ihre Zersetzung und Zerstörung eine so geringe, dass sie sich zu ausgedehnten Torfbildungen leicht anhäufen.

In Spitzbergen⁴⁾ wuchern Blattmoose auf dem ebeneren, meist sumpfigen und mit tiefen schwarzen torfartigen Moorboden bedeckten

1) NORDENSJÖELD, Umsegelung Asiens und Europas, I, S. 162.

2) HEUGLIN, Reisen nach dem Nordpolarmeere 1873, II, S. 48.

3) SPOERER, Petermanns Erg.-Heft Nr. 21, S. 73 f.

4) HEUGLIN, Reisen nach dem Nordpolarmeere, I, S. 236, 96, 135, 138, 159, 233, II, S. 75, 78, 97, 117.

Grund. Gräbt man einen solchen Moosrasen aus, so zeigen seine Seitenflächen im Profil eine vielfache Wechsellagerung olivbrauner, schmutzigheller und rötlichbrauner Schichten. Am Hornsund ist die Strandebene meist sumpfig mit Torf- und Moorgrund, in den der Fuss einbricht, und von vielen zahlreichen klaren Eisbächen durchföhrt, die hier und da Teiche bilden. Die feuchten Stellen sind von sehr mächtigen Mooschichten bedeckt. Bei Kap Agardh war der Boden meist sumpfig und der Fuss sank tief in den Morast ein. Bei Kap Lee ist der Boden in kleinen Schluchten und am Fusse senkrechter Gehänge sumpfig und mit mehr als fussdicken Mooschichten bedeckt.

Auf Grönland¹⁾ wurden die Torfbildungen von HARTZ genauer untersucht, sie bestanden hauptsächlich aus *Hypnum*.

Weit verbreitet sind Torfbildungen auch in jenen hochnordischen Ebenen, die man als Tundra bezeichnet. Ertödtend einförmig ist der Eindruck²⁾ der flachen Tundra. Im weiten Umkreise, endlos, unbegrenzt verliert sich der Horizont in unerreichbarer Ferne. Den ganzen Sommer hindurch währt auf der hochnordischen Tundra der einzige endlos lange Sommertag. Die Niederungstundra ist reicher an Damm-erde, reicher an Bodenwärme, so dass man auf den günstigsten Stellen derselben sogar Wiesenflecke antrifft. Vorwaltend aber wird die Niederung von Torfstrecken eingenommen. Die unfruchtbarste Form der Niederungstundra bildet das Moosmoor. Es wird aus Wassermoosen (*Sphagnum*) gebildet und reicht in den Hochnorden nur hinein, da der lange Winter und der Bodenfrost seiner Entwicklung nicht günstig sind. Wie bei der Steppe, ist die Baumlosigkeit kein absolutes, sondern ein typisches Merkmal der Tundra. An der Südgrenze der Circumpolartundra sowie namentlich inmitten der Nebentundren stehen in jeder Senkung des Bodens, im Schutze jedes Absturzes Bäume. Aber gleichwie sich in die Steppe nur gewisses Laubholz vorwagen kann, so auch in die Tundra nur Krummholz bestimmter Baumarten. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass Tundren nur auf Eisboden ruhen.

Der gefrorene Boden Sibiriens³⁾ beginnt direkt am Strande, denn der grobe Sand, der als Unterlage für die Dünen dient, ist bis auf die geringe Schicht, welche während des Sommers aufthaut, beständig gefroren. Und diese sibirische „Frostformation“ breitet sich, mit gewissen Unterbrechungen vom Eismeer weit nach Süden hin aus und zwar nicht nur unter der waldfreien Tundra, sondern auch unter herrlich n Wäldern und bebauten Feldern.

Ganz kräftige, beinahe mannshohe Erlen (*Alnaster fruticosus*) findet man unter 71° N. Br., aber der Anfang der eigentlichen Waldregion ist am Jenissei erst unter 69° N. Br. zu finden. Der ungeheuerere sibirische Wald reicht bis 58° N. Br. und ist etwa 4000 km lang. Er besteht hauptsächlich aus riesenhohen *Pinus*. Zwischen den Bäumen ist der Boden so dicht mit niedergefallenen Zweigen und Stämmen bedeckt, theils noch frisch und theils halb verfault, oder zu einem Haufen von Baumerde verwandelt, welche nur durch die Baumrinde

1) RINK, Petermanns Mittheil. 1891, S. 73.

2) SPOERER, Petermanns Erg.-Heft Nr. 21, S. 81.

3) NORDENSKJOELD, Die Umseglung Asiens u. Europas, II, S. 63, I, S. 345.

zusammengehalten wird. Beinahe überall sind die gefallen Stämme von einer äusserst üppigen Moosdecke überzogen.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, wie weit der Humus in allen Niederungen der Polarländer verbreitet ist, und wie günstig das dortige Klima für die Aufspeicherung von Humus erscheint. Während in unseren Wäldern und noch mehr im Tropenland der massenhaft gebildete Humus infolge der hohen Lufttemperatur meist wieder verwest und zerstört wird, sind die kümmerlichen Pflanzen des Polarlandes imstande beträchtliche Humus- und Torflager zu erzeugen, nur deshalb, weil das Klima für deren Erhaltung überaus günstige Bedingungen bietet.

6. Auch animalische Reste geben im Polargebiet Anlass zur Bildung organischer Ablagerungen. Millionen ¹⁾ von Alken, Teisten, Möven und anderen Vögeln bedecken die Felsabhänge auf der Bennetinsel mit weissen Guanomassen. Einige kleine Inseln ²⁾ an der Küste von Grönland, die im Herbst von Walrossen besucht werden, waren fast ganz mit einer dicken Schicht Guano bedeckt.

Bei Kap Bessels ³⁾ auf Spitzbergen gleicht der Boden einer erweichten Lehmtenne. Kleine Rinnale, von den schneebedeckten Abhängen kommend, bildeten darin ein Netzwerk von Einschnitten. Das Auffälligste waren die Massen von Walgebeinen, die zum Theil dem Flachland auflagen, zum Theil tief eingeschlänmt waren.

Zwischen den Hunderten von Kiefern, Wirbeln und Rippen lag vereinzelt altes verwittertes Treibholz, zum Theil selbst grosse Stämme von sibirischen Lärchen.

An den Neusibirischen Inseln ⁴⁾ findet man sandhaltige gefrorene Schneemassen mit vegetabilischen und animalischen Resten, und eingeschalteten 20 m dicken Eisbänken. Ein intensiver Moder- und Fäulnissgeruch zeigte, dass das ganze Alluvium mit halbzersetzten organischen Resten getränkt war.

7. In Aljaska, Grönland und auf den Neusibirischen Inseln, finden wir sogar Eis als Steinart am Aufbau des Diluviums theilhaftig, das v. TOLL ⁵⁾ als Steineis bezeichnet.

In den Flussthälern des nördlichen Sibirien liegen auf kompakten Eisschichten gefrorene Lehm Massen, in denen die Reste von Mammut und Rhinoceros eingebettet sind. Auf der grossen Ljächowinsel sind gefrorene Lehmschichten weit verbreitet, welche ebenfalls die Reste quartärer Säugethiere enthalten. Falls die Temperatur des Erdbodens sich nur auf kurze Zeit über 0° erhöht, würde die Insel in einen flüssigen Brei verwandelt, auseinanderfliessen und nur einige Granitklippen würden von ihr über bleiben.

Im Hangenden des Steineises am Kap Tolstoi lagert 1) fein geschichteter Sand mit eingeschwemmten Pflanzenresten, Weidenzweigen etc., 2) Schichten von torfartig zusammengepressten Pflanzenstücken, 3) eine Wechselfolge dünner Eis- und Lehmschichten, 4) die heutige Vegetationsdecke.

1) WICHMANN, Petermanns Mitth. 1882, S. 248.

2) RINK, das. 1883, S. 130.

3) KUEKENTHAL, das. 1890, S. 69.

4) Das. 1888, S. 47.

5) v. TOLL, Verh. IX. Deutsch. Geogr.-Tages. Wien Nr. 5, S. 53.

Nach v. TOLL. sind die Steineismassen die Reste einstiger Vergletscherung.

Bei Jakutsk ¹⁾ ergab eine Bohrung noch in 120 m Tiefe beständig gefrorenen Boden. In Nordamerika ²⁾ zieht sich die südliche Grenze des gefrorenen Bodens längs der Küste zwischen Equanfluss und Cap Henriette Maria, schneidet den Severnfluss und zieht nordwestlich längs des oberen Mississippi um sich zwischen dem Smokyfluss und Findleys Fork dem Felsengebirge zu nähern.

Betrachten wir jetzt zum Schluss auf Grund der angeführten Beispiele die festländischen Ablagerungen des Polargebietes, so erscheint die weite Verbreitung und mächtige Entwicklung des Eises eines der hervorstechendsten Merkmale. Trotz seiner Häufigkeit ist aber dieses Gestein für die fossile Erhaltung überaus ungünstig. Denn eine geringe klimatische Veränderung genügt, um alles Eis zu schmelzen und zu vernichten. Es kann infolge dessen das Steineis nur im Polarklima selbst fossil werden; in allen anderen Breiten wird es rasch zerstört.

Um so dauernder sind die mechanischen Ablagerungen, die mit dem Eis zusammen auftreten; in erster Linie der Gehängeschutt. Durch das oft wiederholte Frieren und Aufthauen werden während des Sommers alle Gesteine verwittert, und wenn es auch hierbei zu einer tiefgreifenden Zersetzung, zu cumulativer Verwitterung nicht kommen kann, so ist doch jedes Thauen mit der Bildung von Schmelzwasser verknüpft, welches überall als Transportmittel wirkt und hohe Schutthalden am Fusse der Abhänge aufhäuft. Dieser Schutt, aus scharfkantigen Bruchstücken bestehend, ist eingebettet in einen durch vegetabilische Kohle dunkelgrau oder schwarz gefärbten Schlamm. Trockenrisse theilen ihn oft in polygonale Felder.

Das thalabwärts und der Küste zu gleitende Eis trägt vielen Schutt als Moräne davon, und die tieferen Eisschichten sind als Grundmoräne mit grossen Massen von Geröllen und Schlamm durchsetzt. Da die Grundmoräne weniger stark mit Humus gemischt werden konnte, so ist sie in der Regel von grauer oder graublauer Farbe. Die in den Gletscherschlamm eingebetteten Geschiebe sind scharfkantig, entkantet oder gerundet, oft mit Gletscherschliffen und Kritzen bedeckt und liegen in der Regel schichtungslös in dem verbindenden Schlamm. Aber die Häufigkeit von fliessendem und stehendem Schmelzwasser ändert unter und vor dem Eis die Anordnung des Moränenmaterials und erzeugt in Schmelzbächen lange geschichtete Züge von Geröllstreifen mit Sand, aus dem der feinere Schlamm ausgewaschen ist, oder feinkörnige wohlgeschichtete Seeablagerungen, welche mit marinen Schichten wechsellagern können. An der Mündung der Gletscherbäche in diese Seen und Teiche häuft sich ein kleines Delta mit mantelförmigen ursprünglich geneigten Schichten auf, und an anderen Orten wird der Sand, untermischt mit kleineren Steingeröllen durch die heftigen Winde zu diagonal geschichteten Dünen und Sandhügeln, sogar mit Rippelmarken ³⁾, aufgeschüttet. In raschem Wechsel finden wir alle diese verschiedenen Facies des Moränengebietes neben- und übereinander.

1) v. BAER, J. R., Geogr. Society 1858, S. 211.

2) BRAMSTON, Referat in Neues Jahrb. für Min. 1842, S. 116.

3) READE, Quarterly Journal Geol. Soc. 1884, S. 267.

Sehr charakteristisch sind Humusablagerungen. Dieselben häufen sich reichlich an, obwohl das Pflanzenleben nur sehr kümmerlich vegetirt. Denn dieselben klimatischen Bedingungen, welche die Entwicklung des Pflanzenlebens hemmen, verhindern gleichzeitig die Zerstörung der Cellulose. Und so finden wir Humus, Torf und schwarzen Schlamm überall im Polargebiet verbreitet. Bäume wachsen zwar nur bis zum 71° N. Br., allein durch Flüsse und Meeresströmungen werden sie an alle Küsten verschlagen und begegnen uns als Treibholz überall weit jenseits der Baumgrenze. Es mag schon hier darauf hingewiesen werden, dass die Existenz fossiler, entrindeter und meist astloser Bäume keinerlei Schlüsse gestattet auf die klimatischen Bedingungen des Absatzgebietes.

Dieselben Umstände, welche eine Anhäufung von Humus begünstigen, schützen auch animalische Reste, Knochen und Weichtheile vor dem Verwesens. Und so finden wir in den Alluvionen des Polarlandes oft solche Mengen mariner und festländischer Wirbelthierreste, dass das ganze Gestein mit stickstoffhaltigen Verwesungsprodukten erfüllt ist. Die schaaarenweise lebenden Vögel und Säugethiere häufen ihren Dung, untermischt mit den Resten von Thierleichen oft zu ganzen Guanolagern an, und die Seltenheit wässriger Niederschläge gestattet es, dass diese Guanomassen leicht erhalten bleiben.

Als Vertreter der chemischen Ablagerungen treffen wir endlich lokale Ockermassen, welche durch ihre rothgelbe oder braune Farbe sich lebhaft abheben von den meist grau, graublau, oder schwarz gefärbten Ablagerungen ihrer Umgebung.

Die geographische Verbreitung aller dieser Ablagerungen ist grossen zeitlichen Schwankungen unterworfen, weil sie nur so lange lokalisiert sind, als der Eisrand stabil bleibt. Nun tritt dieser Fall aber nur dann ein, wenn die Geschwindigkeit der Eisbewegung und die Intensität des Abschmelzens genau gleich gross sind, und dieses Verhältnis kann nur vorübergehend kurze Zeit bestehen, nur selten werden sich die beiden so heterogenen Vorgänge die Waage halten. Die Wahrscheinlichkeit ist immer grösser, dass die beiden Vorgänge nicht congruent sind, und dass infolgedessen der Eisrand entweder vorrückt, oder sich zurückzieht.

Die Ablagerungen am Rande des polaren Binneneises sind also ungemein mannichfaltig. Struktur und Schichtung, Korngrösse und Gesteinscharakter sind grossem und raschem Wechsel unterworfen, und nebeneinander wie übereinander liegen die in ruhelosem Wandel der Facies gebildeten verschiedenartigen Gesteine. Die Erscheinungen werden dadurch noch wesentlich verwickelter, dass marine Küstendünen, litorale Sedimente, Meertorf und Treibholz sich mit den rein festländischen Gebilden deshalb so leicht mischen können, weil die Strandlinie ¹⁾ infolge der wechselnden Massen des Eises beständigen Schwankungen unterworfen ist und daher auch marine und festländische Facies miteinander wechsellagern können.

1) PENK, Schwankungen des Meeresspiegels. Jahrb. Geogr. Ges. München 1882.

17. Die gemässigte Zone.

Durch viele Uebergänge knüpft sich die gemässigte Zone an das Polarland an, und ihre klimatischen Bedingungen sind so mannichfaltig, ihre Ablagerungen so verschiedenartig, dass es in vielen Fällen unmöglich ist, sie von den Sedimenten der benachbarten Klimazonen zu unterscheiden. Während des ganzen Jahres haben die in der gemässigten Zone liegenden Hochgebirge, während des Winters auch viele tiefer gelegenen Landstrecken ein Klima, das sich von dem Polarklima wenig unterscheidet; daher besteht auch grosse Aehnlichkeit in den hierbei gebildeten Ablagerungen. Gegen den Aequator zu bilden andererseits grasreiche Steppen so allnälige Uebergänge nach dem folgenden Wüstengürtel, dass auch hier vielfache Uebereinstimmung in den Charakteren der beiderseitigen Ablagerungen zu erkennen sind.

Selbst wenn wir den Wüstengürtel, der von den Meteorologen mit der gemässigten Zone vereinigt wird, von dieser abtrennen, so trägt sie doch mit Rücksicht auf die Temperaturverhältnisse diesen Namen mit Unrecht. Charakteristisch ist der Wechsel¹⁾ der Jahreszeiten. Während im Polarland die Monotonie der Kälte herrscht und seine Temperatur meist unterhalb des Gefrierpunktes liegt; während andererseits im Tropenland die Monotonie der Wärme sich geltend macht, ist das Klima der gemässigten Zone durch den beständigen Wechsel der Jahreszeiten bestimmt. Die Temperaturschwankungen sind beträchtlich und infolgedessen die physikalische Verwitterung bedeutsam. Im Inneren grosser Festlandsmassen herrscht ein kontinentales Klima, das innerhalb 90° C. schwankt, auf Inseln und in der Nähe des Küstensaaumes mildert das Meer diese Differenzen.

Die gemässigten Zonen sind die Zonen der Westwinde. Mit ihnen ziehen in grossem ganzen die Sturmwirbel und die Sturmfelder in der Richtung von West nach Ost vorüber, und damit die Perioden regnerischer und schöner Witterung; denn auch die Barometermaxima verschieben sich, wenn auch viel langsamer und stetiger, im Allgemeinen von West nach Ost in den Zwischenräumen zwischen den Gebieten geringen Luftdruckes.

Die Witterung in den gemässigten Zonen unterscheidet sich von jenen der Tropenzone durch grosse Veränderlichkeit und scheinbaren

1) HANN, Handbuch der Klimatologie, S. 699 f.

Mangel an Gesetzmässigkeit. Die Ursache davon liegt in der grösseren Ungleichmässigkeit der Temperaturvertheilung und den dadurch hervorgerufenen Ausgleichsströmungen in den unteren Luftschichten, welche infolge der in diesen Breiten auftretenden grossen Ablenkungskraft der Erdrotation sogleich die Form von Luftwirbeln annehmen, welche auf ihrem langsam fortschreitenden Weg überall Wetterwechsel hervorgerufen.

In der gemässigten Zone fallen überall beträchtliche Niederschläge, bald als Schnee, bald als Regen; und da in den höher gelegenen Gebirgsländern der Schnee das ganze Jahr ungethaut liegen bleibt, so verdichtet er sich zu Gletschereis, das ganz wie im Polargebiet auch hier die vornehmste Transportkraft repräsentirt. In den niedrigen Gebieten herrscht das fliessende Wasser, und vereint mit ihm der Wind, als denudirende Kraft. Beide sind oft so vergesellschaftet, dass es schwer hält, die Wirkung der Erosion von der Deflation in jedem einzelnen Falle zu unterscheiden.

Aber für die Bildung der Ablagerungen spielen die genannten drei Transportkräfte eine so verschiedenartige Rolle, dass wir bei unseren folgenden Betrachtungen die Faciesgebiete der gemässigten Zonen nach diesem Princip eintheilen wollen.

Gross ist die Verbreitung der Biosphäre in den gemässigten Zonen, und dadurch unterscheiden sie sich am auffallendsten von den pflanzenarmen Polarländern und den pflanzenlosen Wüsten, mit denen sie sonst so nahe verknüpft sind. Das Ueberwiegen trockener Schneeniederschläge nach dem Pole zu, und die Seltenheit aller Niederschläge in den Wüsten bedingt in beiden Fällen, dass die Atmosphäre unmittelbar auf der Lithosphäre ruht, und ihre denudirende Wirkung unverkürzt ausüben kann.

I. Wir betrachten zuerst den Faciesbezirk vorwiegender Exaration. Ueber einer topographischen Höhe, die im allgemeinen vom Polarland nach dem Aequator zunimmt, und die hier etwa 6000 m erreicht, fällt mehr Schnee, als die sommerliche Wärme schmelzen kann. Diese Region des ewigen Schnees bildet geradeso wie der überwiegende Theil des Polarlandes Firnfelder und körniges Eis, das, dem Zug der Schwere folgend, thalabwärts gleitet. Während innerhalb des Polarkreises dieses Eis als Inlandeis regional das ganze Festland überzieht und nur einzelne Numatakker herausragen lässt, tritt dasselbe im Hochgebirge wärmerer Breiten, und besonders der gemässigten Zone als Gletscher auf und erfüllt mit seinem gleitenden Eis lange Thalrinnen. Der Biafogletscher im Himalaja soll 64 km lang sein, der grösste Gletscher der Alpen, der Aletschgletscher, ist 24 km lang. Viele Gletscher sind wesentlich kürzer.

Entsprechend den, gegenüber dem Inlandeis, viel kleineren Dimensionen der Hochgebirgsgletscher, ist auch ihre Bewegung eine langsamere. Tägliche Geschwindigkeiten von 1 m sind schon sehr beträchtlich zu nennen.

Der allgemeinen Verbreitung der Gletscher entsprechend, hat ihre Denudationsfläche meist die Form einer gewundenen Rinne, die sich von dem, oftmals kesselförmigen, Firnbecken thalabwärts zieht, und an ihrem unteren Ende ganz allmähig übergeht in die Erosionsform des vom Gletscherbach durchflossenen Thales.

Die corradirende Wirkung¹⁾ des Gletschereises zerstört Felszacken durch Abschleifen, mildert die Formen, gleicht die Unebenheiten aus und bildet glattgeschliffene Flächen. Solche Gletscherschliffe kommen auf allen Gesteinsarten vor, fehlen aber in Vertiefungen und finden sich vorwiegend an Vorsprüngen. Die Beschaffenheit des Schliffes wird nur wenig von der Gesteinsart bestimmt; er bildet convexe Flächen auf grösseren Formen, in die glatte Fläche sind Furchen eingegraben, welche oft die Gestalt langer haarfeiner Ritzen oder Schrammen annehmen. Die Schrammen gehen nicht genau parallel, sondern kreuzen sich oft unter schiefen Winkeln. Die Richtung der Schrammen entspricht meist der Thalrichtung.

Die Ablagerungen in den Gletschergebieten der gemässigten Zone entsprechen denen des Polarlandes. Vorwiegend sind 1. die Moränen, welche bald auf den Seiten des Eises als Seitenmoräne, bald auf dem mittleren Theil als Mittelmoräne, bald auf dem Boden als Grundmoräne transportirt werden. Zur Ablagerung kommen die Moränen nur am Eisrande, denn auf und unter dem Gletscher gelangen sie nicht zu Ruhe. Solange der Eisrand stabil bleibt, häuft sich eine bogenförmig gekrümmte Endmoräne gerade wie vor den Zungen des Binneneises auf. Bei rückschreitendem Eisrand, wird die Exarationsfläche mit den Sedimenten der Obermoränen und der Grundmoräne überschüttet.

Die Gesteinsarten sind in Zonen, in der Reihenfolge ihrer Ursprungsorte unvermischt geordnet. Sowohl eckige wie geschliffene Stücke vom gleichen Ursprungsort liegen nebeneinander. Die Moräne besteht aus Steinen, bald eckig und scharfkantig (von Obermoränen stammend) bald abgeschliffen und theilweise polirt, mit Ritzen und Schrammen versehen (aus der Grundmoräne stammend) die in allen Dimensionen, gemischt mit feinem Schlamm und Sand regellos durcheinander liegen. In der Grundmoräne liegen geschrammte Steine fest eingeschlossen in feinen Thon oder Mergel. Die Moränen sind vorwiegend ungeschichtet und werden nur am Rande des Eises durch die dahinbrausenden Schmelzbäche sortirt und gelegentlich zu geschichteten Ablagerungen umgearbeitet. Seen finden sich bisweilen zwischen oder neben den Gletschern. Der bekannte Märjelsee, der durch den Aletschgletscher abgedämmt wird, ist bekannt wegen seines häufigen Anlaufens. Er entleerte sich²⁾ 1813, 1820, 1840, 1859, 1864, 1871, 1873, 1874, 1878, 1883, 1884, 1885, 1887. Im Jahre 1890 zeigten sich auf seinem Grunde so wenige Bodenabsätze, dass solche kaum eine geologische Bedeutung beanspruchen können.

Nur während der Eiszeit haben die damals wesentlich grösseren Alpengletscher auch grössere Seebecken gebildet, und hierbei Anlass zur Ablagerung geschichteter Sedimente gegeben.

2. Neben und zwischen den Moränen liegen Flussschotter, deren Charaktere wir weiter unten gemeinsam betrachten wollen. Wie im Polarlande, so sind auch mit den Gletscherablagerungen der Moränen organische und vegetabilische Ablagerungen oft verknüpft, grenzen doch die Gletscher oft direkt an pflanzenreiche Gebiete. ABICH³⁾ fand auf

1) HEIM, Handbuch der Gletscherkunde, S. 402—407.

2) BONAPARTE, Americ. Journal 1890, S. 95, Referat.

3) ABICH, Zeitschr. für Allg. Erdkunde. Berlin, I, S. 84, 1853.

dem Plateau des Elbrus gewaltige Gletschermassen im Vorschreiten begriffen, und gegen die Waldregion vordringend. Ganze *Pinus*-stämme, mit der Krone wohl erhalten, fanden sich im Eisen eingeschlossen. Moore und Grasflächen gedeihen in nächster Nähe des Eises, und überall können sich Humusreste mit den mechanischen Ablagerungen mischen. Schwarzer Gletscherschlamm¹⁾ aus den Rinnen des Dachsteingletschers enthielt keinen Kalk, aber 18,66 % organische Substanz.

3. Ausgedehnte Torflager bilden sich unter dichten Moosrasen am Rande des Unteraargletschers. Der braunschwarze Humus häuft sich zu dicken Torfschichten an, und diese wechsellagern an manchen Stellen mit den wohlgeschichteten Sanden und Schottern der Gletscherbäche.

4. Auch Ockerabsätze entstehen am Rande alpiner Gletscher, gerade so wie im Polarland. In kleinen Pfützen sammelt sich das eisenhaltige Wasser, überzieht die Steine mit dunkelbraunen glänzenden Rinden, und wenn sich die Schmelzwasser ihren Weg durch eine solche Pfütze hindurchbahnen, dann reissen sie die braunrindigen Gerölle mit sich fort, verschleppen sie unter anderes Moränen- und Flusskiesmaterial, und zwischen den hellen Kieseln derselben heben sich dann die braunen Ockersteine seltsam heraus.

II. Ein grosser Theil des Moränenmaterials wird von den Schmelzbächen wieder aufgehoben, durch das rinnende Wasser weiter getragen und verliert dabei die ihm ursprünglich eigenen Charaktere, die es durch das Eis erhalten hat. Derartige Vorkommnisse leiten uns zu dem zweiten Faciesgebiet der gemässigten Zone, dem Faciesgebiet vorwiegender Erosion.

Die Erosionskraft des fliessenden Wassers äussert sich von der Quelle bis zur Mündung in ein Sammelbecken. Filtrirt und von den mechanischen Beimengungen befreit, tritt das Quellwasser gewöhnlich zu Tage, daher ist das A. Quellgebiet eine Region vorwiegend chemischer Absätze. Längs des Laufes nimmt das rinnende Wasser verwitterten Gebirgsschutt auf, und lagert denselben im Gebiet des lineraren Flusslaufes häufig wieder ab. B. Der Flusslauf ist daher vorwiegend durch mechanische Ablagerungen charakterisirt. Ist in dem Flusslauf ein C. Seebecken eingeschaltet, so werden auch hier viele mechanische Sedimente gebildet, zu denen sich auch chemische und organische Absätze gesellen können. Erreicht der Fluss endlich das Meer, oder einen grösseren Binnensee, so ist sein Mündungsgebiet der Ort, wo er sich endgiltig reinigt von seinen mechanischen Beimengungen, daher werden wir die D. Flussdelta besonders zu besprechen haben.

A. Die Ablagerungen des Quellgebietes sind in der Regel chemischer Natur. Allerdings führen oberflächlich entspringende Quellen nach starken Regengüssen beträchtliche Mengen von Sand und Schlamm, besonders wenn sie aus verwittertem Schuttboden entspringen. Auch während und nach Erdbeben hat man beobachtet, dass Quellen sich trüben und wir haben schon auf die theoretische Bedeutung dieser Thatsache auf S. 605 hingewiesen. Bemerkenswerthe Mengen 5. mechanischer Ablagerungen finden wir nur in der Umgebung der sogenannten Schlammvulkane, Schlammgesprudel, Macaluben, Pelozeme oder

1) VOGEL, Abh. Akademie der Wissensch. München 1860, S. 627.

Salsen. Man hat dieselben mehrfach in der Nähe von Vulkanen beobachtet und daraus geschlossen, dass sie vulkanischen Ursprungs seien umso mehr als sie periodisch fast versiegen, um dann mit grosser Gewalt wieder hervorzubrechen. Allein die Schlamm-sprudel kommen auch so fern von allen vulkanischen Herden vor, dass ein solcher Zusammenhang kaum angenommen werden kann. Da die Schlamm-sprudel in der Regel grosse Mengen von Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffgas ausstossen, so liegt es nahe, die Eruptionen der Salsen in ursächlichen Zusammenhang mit diesen Gasen zu bringen.

Am bekanntesten, schon seit dem Alterthum, ist die Macaluba bei Girgenti in Sicilien. Hier ist ein welliges Terrain von tiefen Regenschluchten zerschnitten, in denen vereinzelte scharfkantige Felsblöcke liegen. Auf einem der dadurch abgegrenzten Plateaus befindet sich eine schlammbedeckte Ebene von etwa 100 m Durchmesser, die durch eine Stufe in zwei Absätze getheilt wird. Gegen 100 ganz flacher Kegel erheben sich nur wenig über den grauen Schlamm-boden und zeigen auf ihrem Gipfel je eine 20–80 cm grosse Pfütze schlammigen Wassers aus dem grosse Blasen gurgelnd emporsteigen. Langsam rannen (April 1884) kleine schmale Schlammgerinne über den Rand der Wasserlöcher und erhöhten dieselben beständig. Allem Anschein nach musste jeder stärkere Regen die Bodengestaltung des ganzen Gebietes sehr wesentlich verändern.

Am Südfuss des Etna bei Paterno¹⁾ sind ähnliche Schlamm-sprudel, welche ein Gebiet von 7800 □ m mit lichtgrauem Schlamm bedeckt haben. In der Provinz Modena bei Nirano²⁾ liegt von Hügeln umgeben eine 400 m lange und 100 m breite Fläche, auf der sich 15 Schlammkegel erheben, die bald blos unansehnliche Bodenanschwellungen von 5–50 cm und breiter Basis bilden, bald als steile Krater 1–3 m hoch emporragen. Auf den Gipfeln dieser Kegel befinden sich immer kleine, kraterähnliche Oeffnungen aus denen bei einigen fortwährend Schlamm überfließt und Gasblasen geräuschlos aufsteigen, während bei anderen das Ausstossen des Schlammes und die Gasexhalationen in kurzen Pausen intermittirend mit brausendem Geräusch geschehen. Der ausfliessende Schlamm erhärtet zu einem aschgrauen, brüchigen, in Wasser breig werdendem Sediment.

Aus der Salse von Sassuola floss der Schlamm 1835 über 1 km weit herab, und füllte mit seiner etwa $1\frac{1}{2}$ Million kbm fassenden Masse ein kleines Thälchen aus. Diese Schlammströme bestehen aus scharfkantigen Bruchstücken von Flysch, Macigno, Sandstein, Kalkspath, Serpentin u. s. w., welche in eine feinkörnige Schlamm-masse eingebettet sind.

Am weitesten verbreitet aber sind die Schlamm-sprudel am Ufer des Kaspischen Meeres, in der Nähe von Baku³⁾. Sowohl auf dem Festland wie in der See kennt man eine Anzahl einzelner Salsen, umgeben von grauen Schlammströmen. Durch eine einzige Eruption wurde einer dieser Schlammkrater 6 m hoch mit Schlamm bedeckt. Der Schlamm enthält scharfkantige Bruchstücke von Sandstein, Mergel,

1) SILVESTRI, Ausland 1879, S. 138.

2) Nach STOEHR, v. GÜMBEL, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. München M. Ph. Classe I. März 1879, S. 232.

3) ABICH, Mem. Acad. d. Wissensch. St. Petersburg VII. VI. S. 22, 28.

Kalk, Gyps. Aber selbst die grössten dieser Salsen haben den Charakter isolirter lokaler Ablagerungen.

6. Die chemischen Absätze der Quellgebiete bestehen vorwiegend aus kohlensaurem Kalk, der als Kalksinter abgelagert, überaus mächtige Sedimente bildet. Die Betheiligung der Organismen an der Bildung des Kalksinter haben wir schon S. 654 besprochen. Die Kalksinter entstehen in der Umgebung kalkhaltiger Quellen, besonders da wo dieselben lebhaft sprudelnd thalabwärts rauschen. Die oft stark geneigte Böschung des Untergrundes erzeugt eine primäre, Neigung der Sinterschichten, welche bisweilen 50° und mehr beträgt. Auf ebenem Boden, am Grunde von seeartigen Erweiterungen des Baches bilden sich horizontale Schichten.

Der Kalksinter ist weiss, gelblich, durch Eisensalze braun, oder durch kohlige Beimengungen schwarz gefärbt, und wird bald als lockeres Pulver, bald in krystallinischer Form abgesetzt. Daher sind die Kalksinter in vielen Fällen erdig, porös; unter anderen Umständen werden sie dicht und massig. Sie überrinden Pflanzen, Knochen, Schneckenschaalen und andere Fremdkörper und schliessen dieselben allmählig vollständig ein.

Nicht selten bilden sich in den Sinterquellen oolithische Kugeln und Körnchen, die sich zu Rogenstein anhäufen. Die Grösse der einzelnen Oolithkugeln hängt wesentlich von der sprudelnden Bewegung des Wassers ab, und vermindert sich mit Abnahme der Wasserbewegung. So kann man aus der Aufeinanderfolge von Schichten verschiedener Korngrösse einen Schluss ziehen auf die abwechselnde Bewegungsintensität des Wassers. Während in den Travertinen von Bagni bei Tirol 0,5 mm grosse Oolithe eingestreut sind, erreichen sie in der Umgebung des Karlsbader Sprudels einen Durchmesser von 6 cm.

Die Kalksinter sind durchaus lokale Ablagerungen, welche in ihrer Verbreitung eng begrenzt, und auf die nächste Umgebung der Quellen beschränkt sind.

7. Weit verbreitet sind in der gemässigten Zone die Limonitbildungen¹⁾ d. h. ockergelbe bis umbrabraune sandige, erdige, schlammige Ablagerungen von Eisenoxydhydrat und phosphorsaurem Eisenoxyd. Sie bilden sich in Mooregenden, in den zwischen Dünen gelegenen Thälern, in Sand- und Haidegebieten, in den Uferländern träge dahinfließender Ströme und in Seebecken. Sie treten hier als 3—150 cm dicke Ablagerungen auf. Die Eisensalze sind anfangs gelatinös und schleimig, erhärten allmählig, und bilden schliesslich Linsen, Nester oder ausgedehntere Lager von dichtem, pechähnlichem, sandigem, oder poröszelligem Gefüge.

In den Limonitlagern²⁾ sammelt sich der Eisengehalt eines grösseren Gebietes an, und die Eisentheile wandern hierbei oft, im Wasser gelöst, über weite Strecken ehe sie zum Absatz kommen.

8. Von organischen Ablagerungen finden wir im Quellgebiet der Flüsse, aber auch sonst noch weit auf dem Festland der gemässigten Zone verbreitet, Moore und Humuslager. Wenn abge-

1) SENFT, Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, S. 168.

2) STAPFF, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1866, S. 86.

storbene Pflanzentheile bei niedriger Temperatur und Sauerstoffmangel angehäuft werden, so zerfällt die Cellulose in eine braune oder schwarze amorphe Masse, die man als Humus oder Torf bezeichnet. Der Humus ist im Wasser unlöslich, und besteht aus einem Gemisch sehr verschiedener organischer Körper, unter denen gewisse organische Säuren in sofern eine grosse Rolle spielen, als sie antiseptisch wirken.

Es ist begreiflich, dass sich unter solchen Umständen die kälteren Klimate viel besser zur Humusbildung eignen, als die Länder der warmen Zone. Aber da im Polarland durch die weit verbreitete Schneedecke und Eisdecke das Pflanzenleben überall eingeschränkt wird, so mischt sich zwar Humus fast allen festländischen Ablagerungen des Polargebietes bei und färbt dieselben dunkel, allein die Ablagerungen reiner Humusmassen sind verhältnissmässig spärlich verbreitet.

Viel günstiger liegen die Verhältnisse in der gemässigten Zone, wo nur ein Theil des Jahres hindurch Schnee fällt, wo das Pflanzenleben eine dichte Decke bildet, und überall die Bedingungen für den Luftabschluss durch Wasser gegeben ist. Das Süsswasser¹⁾ enthält nur $\frac{1}{30}$ der Menge des freien Sauerstoffes, welcher sich in einem gleichen Volumen atmosphärischer Luft vorfindet. Die Folge davon ist, dass unter Wasserbedeckung, besonders wenn das Wasser ruhig ist, die Pflanzenfaser leicht zu Kohle und Humus reducirt werden kann. Beschleunigend auf diesen Verwesungsprocess wirkt die Gegenwart von kohlensaurem Kalk.

Trotz seines reichen Pflanzenlebens ist das Tropenklima für Humusanhäufung nicht sehr geeignet, denn die hohe Lufttemperatur beschleunigt die Zersetzung und Oxydation der aufgehäuften Pflanzenreste und zerstört leicht die gebildete Torfmasse. Wir werden diese Verhältnisse noch zu schildern haben.

Wir unterscheiden²⁾: a. Hochmoore, b. Niederungsmoore und c. Waldmoore; naturgemäss giebt es zwischen diesen Typen allerlei vermittelnde Uebergänge (Mischmoore).

a. Die Hochmoore sind in Europa am weitesten verbreitet, und haben ihren Namen davon, dass die Humusmasse derselben sich merklich über die Umgebung erhebt und einen kuppelförmigen flachen Hügel bildet. Der Untergrund der Hochmoore ist theils muldenförmig, theils eben, theils etwas geneigt. Er besteht meist aus feinkörnigem, weissem, oft kalkfreiem Sand, unter dem manchmal lehmiger Sand, ja auch Thon und Mergel liegt. Nicht selten ist die oberste Schicht desselben bleigrau. Oefter geht der Sand, der meist eine Mächtigkeit von 30—50 cm besitzt, in eisenreichen Ortstein über, der von rothbrauner Farbe und etwa 10—15 cm mächtig ist.

Wo ein Hochmoor auf thonigem, lehmigem, oder mergeligem Grunde aufliegt, findet man eine Zwischenschicht von sogenanntem „Darg“, einer Anhäufung von Pflanzen (besonders *Arundo phragmites*) die für Niederungsmoore charakteristisch sind, so dass man sagen kann, ein Niederungsmoor bildet die Grundlage für das Hochmoor. Die Flora des

1) v. SEELHORST, Acker- und Wiesenbau auf Moorboden. Berlin 1892, S. 7.
GREMBLICH, Beginn der Torfbildung, Progr. Innsbruck 1877.

JENTSCH, Abh. d. Physik. ökon. Ges. zu Königsberg 1878, S. 81.

2) Nach STEENSTRUP und GRIEBACH, Ueber die Bildung des Torfes in den Emsmooren. Göttinger Studien 1845, S. 9.

Hochmoores besteht hauptsächlich aus zwei Haiderarten: *Erica Tetralix* und *Calluna vulgaris*; an anderen Stellen überwiegen Gräser, besonders *Eriophorum variegatum* und *Scirpus caespitosus*, während *Sphagnum acutifolium* eine zweite Moorflora charakterisirt, so dass man Haidemoor und Moosmoor als wesentliche Typen unterscheiden kann.

b. Die Niedermoor oder Wiesenmoor sind meist räumlich getrennt von den Hochmooren. Im Allgemeinen herrschen jene im Nordosten, diese im Nordwesten von Deutschland vor, während im Süden und auf den Gebirgen Deutschlands hauptsächlich „Mischmoor“ gefunden werden. Die Niedermoor bilden sich in flachen, nährstoffreichen, stehenden, oder schwach fließenden Gewässern, besonders an den Ufern derselben, die periodisch überschwemmt werden. Die Flora setzt sich hauptsächlich zusammen aus *Carex panicea*, *Phragmites communis*, *Hypnum*, *Mnium* und anderen Wasserpflanzen. Häufig wachsen Bäume dazwischen.

Das Niedermoor ist meist sehr reich an mechanisch beige-mengten Sedimenten, und bei Ueberschwemmungen bildet sich eine oft wiederholte Wechsellagerung von Kies, Sand oder Schlamm mit den Torfschichten. Die Unterlage der Wiesenmoor besteht nicht selten aus „Alm“, einem Kalkschlamm, dessen Entstehung wir noch zu besprechen haben. Häufig bilden sich in Niedermoor Raseneisenstein und Eisenocker, die bisweilen sehr beträchtliche Mengen von Phosphorsäure enthalten. Diese Phosphorverbindungen bilden rothe, eisenockerige oder auch weisse Massen, welche an der Luft lebhaft blau und endlich braungelb werden. Auch Schwefelkies bildet sich häufig in Niedermoor.

c. Die Waldmoor entstehen aus vermodernden Baumstämmen und Moospolstern, wie sie in dichten Wäldern den Boden überziehen. Im Böhmerwald, im Schwarzwald kennt man urwaldähnliche Strecken, die von mächtigen Walddorfablagerungen überdeckt sind. Von dem nördlichen Seeland beschreibt sie STEENSTRUP¹⁾. Als das berühmteste Beispiel dürfte der Great Dismal Swamp²⁾ an der Nordgrenze von Nordcarolina gelten. Dieser ungeheure Sumpf liegt westlich von Norfolk, und erstreckt sich von da südwestlich über den ganzen Saum, der sich zwischen der Fichtenregion und dem Lagunenrand hinzieht, doch dringt das Meerwasser niemals bis dahin. Der Boden besteht bis zu einer Mächtigkeit von 8 m aus einer schwarzen, moderigen, vegetabilischen Substanz, auf welcher sich, wo sie nicht von zu hohem Wasser bedeckt ist, mächtige Farne und Schilfgewächse erheben. Der Dismal Swamp wird von tiefen Kanälen durchzogen, deren Ränder ebenfalls lediglich aus Torf bestehen. Am häufigsten ist *Sphagnum*, dann sieht man Schilfdickichte von 2—3 m Höhe, durch die man sich nur mit dem Beil einen Weg bahnen kann. Ausserdem findet man *Andromeda Smilax* und andere Schlingpflanzen, über die ein weiter Dom von hohen herrlichen Bäumen hinausragt. Tulpenbäume und Magnolien, Ahorne und *Juniperus*, *Pinus* und *Taxodium* findet man in schönen Exemplaren. Ein runder See von 8 km Durchmesser und

1) STEENSTRUP, Afhandl. af Dansk Videnskab. Selbskab. 1841.

2) LESQUEREUX, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1852, S. 695.

CREDNER, das. 1866, S. 80.

5 m Tiefe wird zwar von keinem Bach gespeist und doch ist sein Boden überall mit umgestürzten Bäumen bedeckt. Die Hitze in dem Sumpfwald ist überaus gross.

Der Grad¹⁾, bis zu welchem die Pflanzen bei der Torfbildung zerstört und chemisch zersetzt werden, hängt wesentlich von der Organisation jedes einzelnen Gewebes ab. Entweder erhalten sich die Zellen durch alle Stufen der Vermoderung hindurch unverändert, oder die Gewebe der Pflanzen verwandeln sich in eine amorphe Humusmasse, in welcher die mikroskopische Untersuchung nur braun oder schwarz gefärbte Körnchen nachweist. Der amorphe Torf verhält sich durchaus wie ein präcipitirtes Pulver, welches aus sehr kleinen lose angehäuften Molekülen besteht. Der Moostorf behält stets seine zellige Struktur und verwandelt sich nie in amorphe Humusmasse.

Die Vermoderung und Bildung von amorphen Torf scheint ziemlich rasch vor sich zu gehen; und der sogenannte „unreife“ Torf ist in vielen Fällen nicht unvollständig vermoderte Cellulose, sondern eine aus anderen Pflanzen entstandene Humusmasse. Die Schichtung des amorphen Torfes ist gewöhnlich sehr unvollkommen; wo sie bemerkt wird, liegen die Absonderungsflächen horizontal, und werden nicht selten durch bandartige oder papierdünne Zwischenschichten von Cyperaceenepidermis bezeichnet. Der amorphe Torf von Papenburg ist 9 m mächtig, am Dümmer See soll er noch dicker sein. Die mittlere Dicke des Moores bei Heseperwist beträgt 3—4 m.

In der amorphen Torfmasse findet man oft Einschlüsse, welche ihre Struktur wohl erhalten haben. Doch ist es besonders bemerkenswerth, dass diese mikroskopisch nachweisbar wenig veränderten Gewebe oftmals nicht dieselben Pflanzentheile sind, die den amorphen Humus bildeten. Verharzte Rindenstücke, die verkieselte Epidermis und gerbstoff- und harzreiche Samen von Gräsern und Coniferenstämmen findet man als wohlerhaltene Einschlüsse. Und gerade diese Gewebe eignen sich nicht zur Bildung von amorphem Humus.

Von anderen vegetabilischen Einschlüssen in amorphen Torf kennt man²⁾: Wurzelstöcke und Stammtheile von Bäumen, welche noch gegenwärtig entweder auf Torfmooren oder doch in ihrer Umgebung wachsen. Abgebrochene Kiefernstämmen, sämmtlich nach S.O. gerichtet, findet man in Menge in den meisten norddeutschen Mooren. Im Moore von Hartfeld in Yorkshire fand man 40 m lange und 2—4 m dicke Eichenstämmen.

In den Torfmooren bei Vilseck³⁾ finden sich plattgedrückte Stämme ohne Risse und ohne Berstung, zum Beweis, dass das Holz bei seiner Zersetzung durch einen weichen plastischen Zustand hindurchging. Auch im Fichtelgebirge fanden sich Stämme von *Pinus sylvestris* schichtenweise eingelagert, sämmtlich parallel liegend; auf den Rissen und Zerklüftungen kommt Fichtelritze vor.

Von animalischen Resten kennt man in Torflagern: Schalen von Sumpfschnecken, *Paludina*, *Cyclostoma*, *Planorbis*, *Lymnaeus*, *Val-*

1) GRIEBACH, l. c., S. 32.

2) SENFT, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig 1862, S. 142.

3) V. GUEMBEL, Geogn. Beschreibung des Ostbayr. Grenzgebirges, S. 815.

V. GUEMBEL, Geogn. Beschreibung des Fichtelgebirges, S. 615.

vata. Leichen und Skelette von Wirbelthieren sind meist ausgezeichnet erhalten. Im Torfmoor von Franzensbad¹⁾ bilden sich Anhäufungen von Diatomeen, besonders *Navicula*, *Gomphonema* und *Campylodiscus*.

Als Zwischenschichten in Torfmooren findet man: Dünen sand, erdigen Kalk (Alm) und Thon, dieselben drei Sedimente, welche auch als Unterlage von Mooren so häufig beobachtet werden. Während die Wasserdurchlässigkeit des Thones und des Alms wohl bekannt ist, erscheint es sonderbar, dass auch Dünen sand den Boden von Mooren bilden könne. Allein wie GRISEBACH gezeigt hat, wird der Sand durch organische Stoffe, wie Humus, leicht impermeabel, und kann dann für die Entwicklung einer mächtigen Torfschicht vollkommen geeignet sein.

Die schon früher erwähnte Thatsache, dass die Hochmoore sich über ihre Ufer erheben und mehrere Meter darüber emporwachsen, giebt Veranlassung zu den verderblichen Moorausbrüchen, welche besonders in Irland beobachtet worden sind. 1821 brach das Moor von Tulamore aus; ein schwarzer Schlammstrom von 5—20 m Dicke wälzte sich über das Land und verwüstete 300 Acker Landes. 1835 brach aus dem Moor von Fairloch²⁾ ein Torfstrom hervor, der eine Fläche von 500 m Länge, 100 m Breite stellenweise 10 m hoch bedeckte und sich in den Mainefluss ergoss.

Ueber die Wachsthumsgeschwindigkeit der Moore lassen sich natürlich keine allgemein giltigen Normen angeben:

nach HOFFMANN ³⁾	wächst Torf in 100 Jahren	5 m
„ V. LEONHARDT	„ „ „ „ „	6 m
„ DE LUC	„ „ „ „ „	6 m
„ VAN MARUM	„ „ „ „ „	5 m

Durch Entwässerung verdichtet sich das Moor sehr beträchtlich. Das Whittlesey More⁴⁾ im Fennland (bei Cambridge) senkte sich durch Drainiren zwischen 1848 und 75 von 5,5 m auf 2,3 m.

Längere Zeit eingedeichte Polder mit moorigem Untergrund von 5—6 m senken sich im ersten Jahrhundert nach der Eindeichung um 1 m, in den folgenden 4—5 Jahrhunderten je 0,2—0,4 m.

Ein stark ausgetrocknetes Moor wird an der Oberfläche staubig, und nimmt dann nur so viel Wasser wieder auf, als es mechanisch in seinem Porenvolumen (S. 694) und an der Oberfläche halten kann.

Eine über dem Moortaler aufgeschüttete Sanddecke verlangsamt die Verdunstung; während von einem offenen Moor im Sommer 40 % Regenwasser verdunsten, verringert sich diese Zahl bei sandbedeckten Mooren auf 12 %. Grobkörniger Sand vergrössert die wasserhaltende Kraft des Moores, feinkörniger Sand verringert sie.

B. Die Ablagerungen des Flusslaufes sind überwiegend mechanische. Die Arbeit der Sonnenwärme⁵⁾, die zur Erhebung des Wassers in Dunstform verbraucht wurde, tritt im niederfallenden Regen und in den von den Höhen nach den Niederungen und dem Meere zurückfliessenden Wasser in gleicher Summe wieder auf. Würde das fliessende

1) PALLIARDI, Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 89.

2) Neues Jahrb. für Min. 1837, S. 59.

3) SENDTNER, Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns 1854, S. 646.

4) SUSS, Antlitz der Erde, II, S. 351, nach Skertchley.

5) V. JOLLY, Jahresbericht Geogr. Ges. München 1873, S. 22.

Wasser nicht als Transportkraft bedeutende Leistungen zu vollziehen haben, so würde es wie auf einer schiefen Ebene mit stets wachsender Geschwindigkeit dem Meere zueilen. Der Fall des Rheins von Strassburg bis Mainz ist 94 m. Die Geschwindigkeit des von solcher Höhe herabkommenden Wassers, müsste nach dem Fallgesetz nahezu 43 m sein, während in Wirklichkeit die mittlere Bewegung des Rheins dort 1,5 m ist. Die Kiesbänke, die der Strom abwärts führt, und die Corrasion die er leistet, nehmen weitab den grösseren Theil der Arbeit des fliessenden Wassers in Anspruch. RITTER unterschied zuerst an den Flüssen den steilen Oberlauf, den sanft geneigten Mittellauf und den fast horizontalen Unterlauf.

Mit dem herabfallenden Regen beginnt auch die Arbeit des Wassers. Das festeste Gestein wird angegriffen, die Trümmer werden zu Rollsteinen, Kies, Sand und Schlamm zerkleinert, und den Niederungen zugeführt. Im Oberlauf des Flusses tritt die Arbeitsleistung des Wassers am augenfälligsten entgegen, grosse Felsblöcke werden losgerissen und vorwärts bewegt, und der scharfkantige Gehängeschutt wird thalabwärts getragen. Die Ablagerungen des Oberlaufes sind ausgezeichnet durch die Verschiedenheit der Korngrösse. Grobe Steinquadern und kleiner Kies, Sand und Schlamm liegen ungeordnet durcheinander, und aus diesem Reservoir durcheinander gemengter Schuttmassen trägt das Wasser die verschieden schweren Bruchstücke verschieden weit dem Unterlaufe zu. Im Allgemeinen nimmt die Korngrösse der Ablagerungen vom Oberlauf nach dem Unterlauf des Flusses beständig ab, der Mittellauf ist durch Kies und Sand charakterisirt, der Unterlauf setzt feinkörnigen Schlamm ab.

Aber das fliessende Wasser sondert die transportirten Schuttmassen nicht nur dem Längsprofil des Flusslaufes entsprechend in immer feiner werdende Absätze, sondern je nach der wechselnden Geschwindigkeit, werden auch lokale Differenzen erzeugt. Wir haben die Ablagerungen der Seebecken, welche in den Flusslauf eingeschaltet sind, noch besonders zu besprechen, müssen aber schon hier darauf aufmerksam machen, dass im Allgemeinen die Verschiedenheit der Wasserbewegung in der Verschiedenheit der Ablagerungen zum Ausdruck kommt.

9. Eine der wichtigsten Arbeiten, die die Flüsse in ihrem Mittellaufe vollziehen ist nach den Untersuchungen GREBENAU'S¹⁾ das Vorrücken der Kiesbänke. Die Kiesbänke rücken auf jeder Seite des Stromes parallel mit dem Ufer fort, und überschreiten nie das Flussbett. Stromaufwärts beginnen sie mit einer sanft geneigten Ebene, stromabwärts haben sie eine steil abfallende Böschung. Auf der Luvseite (dem Wasserstoss entgegen) werden die Gerölle abgetragen, bis zur steilen Böschung der Leeseite vorwärts geschoben und fallen hier, einer Unterlage entbehrend, herab.

Alle scheibenförmigen Gerölle suchen sich hierbei dachziegelartig in der Weise übereinander zu ordnen, dass sie unter einem Winkel von 5—20° gegen die Stromrichtung einfallen, so dass man hieraus bei einem fossilen Kieslager sofort die Stromrichtung bestimmen kann.

1) Vergl. GREBENAU, Der Rhein vor und nach seiner Regulirung 1869.

Am Mittellauf des Rheines beobachtet man, dass die Kiesbänke in Abständen von 2 km hintereinander liegen, und dass jede dieser Bänke im Jahre etwa 278 m vorrückt. Stromabwärts nimmt die Distanz der Kiesbänke zu. Rollsteine, die bei Strassburg noch Strausseneigross sind, findet man bei Germersheim nur noch von der Grösse eines Hühnereies, ein Beweis, dass der Fluss hier nur noch kleinere Gerölle forttragen kann.

Die Form der Flussgerölle ist grossen Schwankungen unterworfen. Im Allgemeinen haben sie angefeuchtet eine glänzende, im trockenen Zustand eine matte Oberfläche, sie unterscheiden sich dadurch von den wie polirten, gleichmässig glänzenden Sand- geschliffenen Geröllen, und den mit einzelnen spiegeluden Streifen, Kritzen und Schrammen bedeckten Moränengeschieben; während ein Unterschied zwischen Flussgeröllen und Meeresgeröllen nicht erkennbar ist. C. SCHIMPER¹⁾ suchte zwar die Form der Flussgerölle auf mathematische Gesetze zurückzuführen, aber seine „Rhologie“ hat nur historisches Interesse.

Für die Transportkraft²⁾ der Flüsse spielen auch die Eisschollen eine gewisse Rolle. Das Eis bildet sich sowohl an der Oberfläche, wie am Grunde des Wassers. Das Oberflächeneis friert Sand und Erde, Pflanzen und Steine zusammen, und wenn die Schollen beim Eisgang vom Ufer abgerissen werden, dann verfrachten sie grosse Mengen fester Bestandtheile stromabwärts, die das Wasser selbst nicht würde transportirt haben. Beim Eisgang erodiren die mit Schollen erfüllten Wasserfluthen heftig an den Flussufern.

Am Grunde des Wassers bildet sich sogenanntes Grundeis. In der Donau entsteht es besonders an seichten unebenen Stellen des Bodens, die durch einen Wasserwirbel ausgezeichnet sind. Hier steigen dann runde Eisscheiben, oft mit Sediment durchsetzt zur Wasseroberfläche empor. Auch im Rhein³⁾ bildet sich schaumiges, aus vielen Eisnadeln bestehendes Grundeis, bleibt mehrere Tage am Boden angefroren und taucht endlich als runde Scholle in senkrechter Stellung auf, um sich den Oberflächenschollen beizumischen.

In der Regel besteht auf dem Längsprofil eines Flusslaufes ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Böschung der Denudationsfläche und der Form der mechanisch transportirten Schuttmassen, in der Weise, dass auf stark geneigter Erosionsfläche vorwiegend scharfkantige Blöcke und regellos durcheinander gemengter Schutt, auf flach geneigter Erosionsfläche (Mittellauf des Flusses) gerundete Kiesel, in einzelnen Zwischenlagen zwischen sandigen oder schlammigen Schichten, auf horizontaler Erosionsfläche im Unterlauf aber nur feiner Sand und Schlamm in horizontalen weitverbreiteten Schichten abgelagert wird.

Ein Fluss⁴⁾, welcher periodisch anschwillt, übt eine viel grössere erodirende und transportirende Kraft aus, als ein solcher, welcher bei gleichem Mittel stets dieselbe Wassermasse führt. Die Erosionsfläche (Flussbett) und die Auflagerungsflächen gestalten sich in ihrer Form und Verbreitung nach der Vertheilung der Kräfte bei Hochwasser. Zwar ist eine solche verschiedene Wasserführung der Flüsse an ex-

1) H. SCHAEFFER, Erinnerungsblätter der math. Ges. zu Jena 1870, S. 24.

2) COLUMBUS, Neues Jahrb. für Min. 1849, S. 489, Ref.

3) v. DECHEN, das. 1851, S. 455, Ref.

4) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende, S. 153.

tremsten in den Wüsten zu finden, und wir werden im folgenden Abschnitt noch eingehend darüber zu sprechen haben; aber auch im gemässigten Klima bewirken Vegetationsarmuth, Schneeschmelze und ähnliche Umstände oft ein rasches Anschwellen der Flüsse nachdem dieselben lange Zeit fast trocken waren. An der Küste Calabriens, wie an der Ostküste von Sicilien findet man überall die breiten Geröllbetten halbvertrockneter Bäche, die sogenannten *Fiumaren*, welche bei Gewittern eine ungeheure Wassermasse herabsenden, die gewaltige Schuttmassen transportirt und aufbereitet.

Wenn ein Fluss ¹⁾ seine Ufer seitwärts überschreitet und das benachbarte Gebiet überschwemmt, so bildet er auch Zonenabsätze seines Schuttes auf dem Ufergelände, und zwar in umso grösserer Ausdehnung, je ebener das Terrain ist. Es wird sich also in solchen Fällen regelmässige horizontale Schichtung mit weiter Flächenausdehnung, unregelmässige Schichtung auf kürzere Erstreckung geltend machen. Zunächst den Ufern bildet sich oft, aber nicht immer, eine Zone von Geröllen, dann folgt eine Zone von grobem oder feinem Sand, endlich eine Zone von Erdschlamm.

Jeder Fluss, der auf flachgeneigter Unterlage dahintreibt, besteht aus zwei verschiedenen Theilen. Eine untere Wasserschicht, welche infolge der Bodenreibung langsamer fliesst, transportirt zwar gröbere Gerölle und Sande langsam vorwärts, lässt aber zwischen denselben so viel Sand und Schlamm zur Ablagerung gelangen, dass Ablation und Transport gering ist. Die oberen Wasserschichten fliessen wesentlich schneller, werden nur am Ufer durch Reibung gehindert, und transportiren die Flusstrübe ungehemmt dem Meere zu.

Die Wassermasse eines grösseren Flusses führt in verschiedenen Regionen des Flusslaufes auch mineralogisch sehr verschiedene Sedimente. Im Oberlauf bilden die Ablagerungen eine vollständige Sammlung von allen Gebirgsarten und Mineralien, aus denen die umliegenden Gebirge und Länder des Flusssystems bestehen. Im Mittellauf verschwinden zwar die Gerölle, aber der Sand ist noch immer verschiedenartig genug und zeigt bei einer genauen Untersuchung nicht blos die Mineralien des Oberlaufes, sondern auch diejenigen der Nebenflüsse. Freilich macht sich hierbei in zweifacher Weise eine Auslese geltend. Erstens verschwinden die im Wasser löslichen oder zersetzbaren Mineralien allmählig und verwandeln sich in Flusstrübe, aber auch die physikalische Härte wirkt auslesend auf die Flusssedimente, indem weichere Gesteine von härteren Geröllen, zwischen denen sie liegen bald aufgerieben werden. Während der Avisio in seinem Oberlauf grosse Mengen von Kalkgeröll zwischen Porphyrr und Syenitblöcken erkennen lässt, verschwinden im unteren Fassathal die Kalkblöcke immer mehr und die Eruptivgesteine nehmen relativ an Zahl zu. So kann von einem Schiefergebirge mit sekundär entstandenen Quarzgängen durch den Flusslauf das ganze Schiefermaterial in feinen Schlamm verwandelt werden und die Quarzgerölle bleiben als unzersetzter Rest im Gebiet der Erosionsrinne allein übrig.

10. Die Entstehung der „Seifengebirge“ mit ihrem relativ reichen Gehalt an Edelmetallen und Edelsteinen ist auf dieselbe Weise zu er-

1) SENFT, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, S. 39.

klären. Die chemisch sehr widerstandsfähigen und specifisch sehr schweren Edelmetalle, und die überaus harten Edelsteine werden beim Transport des Flusses von Corrasion und Zersetzung verschont, bleiben zurück und finden sich in relativ viel grösserer Menge in dem aufbereiteten Gebirgsschutt, als sie in den unverwitterten Gebirgen vertheilt waren. Die Edelsteingruben von Ratnapura auf Ceylon sind in solchem Verwitterungsschutt des Kaluganga und seiner Nebenbäche, die Goldwäschereien Nordamerikas in den Ablagerungen am Fusse denudirter Gebirge angelegt worden. Die Goldwäschereien ¹⁾ des Rheines finden sich meist auf dem rechten Ufer von Kehl bis Daxlanden, bei Mainz hört das Gold ganz auf. Das Metall kommt in kleinen messinggelben Blättchen vor, die aus dem Gebiet der Aare stammen. 1804—1834 wurden über 150 kg gewonnen.

Wie aus dem oben Mitgetheilten ²⁾ hervorgeht, so bildet jeder Fluss schon allein bei constanter Wassermenge verschiedenartige Ablagerungen in den verschiedenen Theilen des Flusslaufes. Indessen bleiben sich dieselben weder in ihrer Menge, noch in ihrer Art selbst innerhalb eines Jahres gleich.

Die Absatzbedingungen wechseln beständig fast an jeder Stelle des Flusssystems, und die Folge dieses Wanderns der Facies ist die Bildung von Ablagerungen, welche aus verschiedenartigen, übereinander geschichteten Materialien bestehen. Trockene Jahre sind stets ungünstig für die Vermehrung der mechanischen Ablagerungen, weil viele Zuflüsse versiegen, und die Transportkraft verringert wird. Dagegen enthält dann das Wasser eine grössere Menge organischer Humusbestandtheile, welche zu Boden sinken und auf allen Untiefen schwarze Schlammsschichten absetzen. Während nasser kühler Jahre dagegen erscheint das Wasser der Flüsse immer trüb und lehmfarbig; die Absätze bilden sich in Menge besonders nach Gewittern und heftigen Regengüssen. Sie bestehen im Unterlauf an gestauten Stellen gewöhnlich aus dreierlei Schichten: zu unterst sind sie feinsandig, darüber lehmig oder thonig und zu oberst humusreich. In wasserreichen Jahren werden alle mitgeschwemmten Blätter und anderen Pflanzenreste über das Ueberschwemmungsgebiet verbreitet, in trockenen Jahren aber sammeln sich die vegetabilischen Reste auf allen geröllreichen Sandbänken des Flussbettes an und bilden in tiefen Buchten eine sich immer mehr verbreitende, schwimmende Haut. Durch Wasseraufsaugung schwer werdend senkt sich dieselbe allmähig etwas unter den Wasserspiegel, und eine dünne Schlammsschicht wird auf ihr abgelagert. Inzwischen bildet sich eine neue Blätterhaut, welche sich ebenfalls zu Boden senkt, und so entstehen oft 30 cm dicke Ablagerungen von blättriger Struktur und bestehend aus abwechselnden Schichten von Blättern und von Thon. Wird nun bei heiterem warmen Wetter der Wasserstand niedriger, dann beginnt die Humusmasse zu verwesen und zwar von oben nach unten fortschreitend, und es entsteht eine schwarzbraune schlammigweiche Masse, die im frischen Zustand ungeschichtet erscheint, aber beim Austrocknen blättrig wird. Diese humificirten Massen liefern ein sehr wichtiges Material für die Bildung von „Fluss-

1) KACHEL, Ref. Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 595.

2) SENFT, a. a. O., S. 41.

marschen“, jenen schwarzen fruchtbaren Ablagerungen des Unterlaufes grösserer Flüsse.

11. Eine eigenthümliche organische Flussablagerung kann man an den sumpfigen Ufern des Potomak beobachten. Hier erodirt das Wasser heftig an den weichen Ufergesteinen, und erzeugt hohe Steilufer. Das Ufer ist mit dichtem Wald bedeckt und die durch Unterwaschung abrutschenden Ufergesteine sinken mit ihren Bäumen in die Fluthen des Stromes. Auf allen Sandbänken und sandigen Ufern bilden sich hierdurch grosse Anhäufungen von Holz und Gestrüpp. Grosse und kleine Bäume, Büsche und Zweige, werden in die schlammigen Sedimente eingebettet, zahlreiche Unionen leben in dem Schlamm, und Waldschnecken mischen sich mit den Schaaalen der wasserbewohnenden Muscheln in den hierbei gebildeten sandigen, schlammigen und humosen Ablagerungen.

Die Ablagerungen des Flusslaufes werden aber nicht allein dadurch sehr mannichfaltig, dass ihre physikalische oder chemische Beschaffenheit zeitlichem Wechsel unterworfen ist und dass durch diesen Wandel der Facies geschichtete Absätze entstehen, deren Korngrösse grosse Verschiedenheiten zeigt, sondern es kommt dazu, dass innerhalb des Flussgebietes Auflagerung und Denudation beständig einander ablösen. Während der Fluss an den Wänden des einen Ufers nagt, und dort eine Denudationsfläche schafft, welche eben gebildete Ablagerungen discordant durchschneidet, lagert er an anderen Orten das denudirte Material wieder auf und schafft mannichfaltige Auflagerungsflächen. Der gewundene Verlauf¹⁾ aller Flüsse in den Ebenen ist ein Ausdruck für dieses beständige Wechseln von Denudation und Auflagerung.

Einen grossen Einfluss auf die Intensität der Ablagerung im Unterlauf eines Flusses haben dislocirende Bewegungen in den Gebirgen des Quellgebietes. Wenn ein solches Gebirge gefaltet, gebrochen, gestauch, wenn die Erde überall gelockert und durch Spalten geöffnet wird, dann können die vorhandenen Wassermengen viel stärker erodiren, als zu Zeiten, wo der Gebirgsbildungsprozess ruhte. Dann werden aber auch unverhältnissmässig viel mächtigere Ablagerungen im ganzen Flussgebiet aufgehäuft.

Es ist infolge dessen überaus schwer die Summe des von einem bestimmten Fluss jährlich denudirten Materials richtig zu beurtheilen, und daraus auf die Zeitdauer der Denudation oder der zur Bildung einer gegebenen Ablagerung nöthigen Zeit zu schliessen.

Aber wenn man die gewaltige Wassermasse²⁾ erwägt, welche alljährlich vom Festland nach dem Meere strömt, so erscheint die denudirende Wirkung des atmosphärischen Wassers als eine geologische Kraft ersten Ranges.

Grosse Veränderung erleidet die Art und Weise der Erosion durch die Wasserscheide d. h. die Linie, welche benachbarte Flussgebiete voneinander abgrenzt. Die Wasserscheide ist in ihrer Lage bedingt durch das topographische Relief, und daher lässt sich aus der planimetrischen Form eines Landes kein Schluss ziehen auf

1) J. THOMSON, Proc. Roy. Soc. London 1876, S. 5, 1877, S. 356.

2) MURRAY, Scottish Geogr. Magazine 1877, February, The total annual Rainfall of the Land.

die Richtung seiner Stromsysteme und die Verfrachtung seiner Erosionsprodukte. Fast ganz Südamerika und Ostindien werden in ihrer ganzen Breite nach Osten entwässert, und da ihre Westküste steil und bergig ist, so treten hier nur unbedeutende Wasserläufe auf.

Jede Veränderung des topographischen Reliefs, ebenso wie eine Veränderung der Vertheilung der anziehenden Kräfte, ändert nun auch die Lage der Wasserscheiden.

Von einer derartigen Verlagerung der Wasserscheide berichtet DARWIN¹⁾: In der Nähe von Lima fand MR. GILL das trockene Bett eines beträchtlichen Flusses, aus welchem früher das Wasser zur Bewässerung abgeleitet wurde. Im Aussehen des Flussbettes war Nichts, was hätte andeuten können, dass der Fluss nicht wenige Jahre zuvor noch darin geflossen wäre. Das Flussbett bestand bald aus Kies und Sand, bald aus einer felsigen Rinne. Indem MR. GILL diesem Fluss stromaufwärts folgte, war er sehr erstaunt, dass die Sohle des Flussbettes sich plötzlich neigte und bergab gerichtet wurde. Die Neigung beträgt etwa 12—15 m.

Hier liegt nach DARWIN ein ganz unzweideutiger Beweis dafür vor, dass sich die Wasserscheide in historischer Zeit verlagerte und der Fluss einen anderen Lauf bekam.

C. Eingeschaltet in den Lauf der Flüsse finden wir sehr häufig Seebecken, die eine gesonderte Behandlung verdienen. Seen von kleinen und grossen Dimensionen sind gerade in der gemässigten Zone ungemein häufig, und wenn sie auch in allen übrigen Klimaregionen vorkommen, so sind sie doch in der gemässigten Zone und ihren Grenzgebieten nach dem Polarlande zu, am typischsten entwickelt.

An jedem grösseren See lassen sich, wie wir Solches S. 134 besprochen haben, fast dieselben Lebensbezirke unterscheiden wie im Meere.

Wir haben hier ein Litoral, das allerdings weniger durch die Gezeiten, als durch stürmische Wellen seinen Charakter erhält, wir haben Gebiete flachen und tiefen Wassers, wir haben offenes Wasser. Gegenüber der grossen Mannichfaltigkeit der in einem Meere auftretenden Facies, sind die Sedimente der Seen von überaus gleichförmigen Charakter. Auch die Denudationswirkung der Brandung ist an einem Binnensee meist sehr gering.

An alpinen Seen²⁾ beobachtet man in flachen kalkigen Uferfelsen runde Löcher durch das Wasser ausgegabt, während sich an steilen Ufern nur flachschaalige Vertiefungen bilden.

Die Wellenbewegung ist selbst bei grossem Sturm eine relativ schwache und deshalb beginnt auch schon in geringer Entfernung vom Strande das Gebiet vorwiegenden Schlammes. Die grossen Nordamerikanischen Seen³⁾, zeigen in ihrer Küstenentwicklung fast alle Eigenthümlichkeiten des marinen Litorals. Wir finden da Dünen und Nehrungen, Lagunen und Deltas, Blockstrand, Kiesstrand, Sandstrand und Schlammstrand und andere verwandte Phänomene.

Aber die Mehrzahl der Seen ist dadurch ausgezeichnet, dass gröberes Material, Gerölle und Sand nur im Litoralgebiet und den

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 412.

2) SIMONY, Verh. Geol. Reichsanstalt. Wien 1871, S. 55.

3) GILBERT, Ann. Rep. U. S. Geol. Survey 1885, S. 75.

obersten Wasserschichten angetroffen wird, dass nach wenigen Metern schon der Seeboden gewöhnlich mit einem überaus feinen moderigen Schlamm bedeckt ist. Wenn Seen, wie in Norddeutschland in Sandboden eingesenkt, oder von rasch fliessenden Strömen durchfluthet sind, dann kann wohl auch ein schlammiger Sand oder auch reiner Sand den Seeboden in beträchtlicher Tiefe bedecken, aber in den meisten Seen beobachtet man Schlammgrund als das vorwiegende Sediment.

12. Die mechanischen Ablagerungen der Binnenseen bestehen aus demselben Material wie die des Flusslaufes, nur ist die Art der Aufbereitung und der Auflagerung eine vollkommen verschiedene. Wo immer ein Fluss in einen hinreichend grossen See mündet, fällt das gesammte von ihm getragene feste Material zu Boden, das Gröbere schnell und als Delta in der Nähe der Einmündungsstelle, das Feinere langsam und zum Theil in weiterer Entfernung. Die Kraft des fliessenden Wassers erlahmt in der trügen Wassermasse des Sees fast vollständig, und da die horizontale Bewegung der Wasserfäden nicht mehr das niedersinkende Material vorwärts flösst, so hat dieses Zeit, sich vollständig abzulagern. Das gröbere, schwere Material sinkt zuerst und am schnellsten nieder, das feinere wird durch die langsame Vorwärtsbewegung der Wassermasse etwas weiter nach dem Mittelpunkt des Sees transportirt, aber es lagert sich auch bald dem Seegrunde auf.

Beim Austrocknen¹⁾ der Mansfelder Seen beobachtete man, dass die 400 Hektar neugewonnenen Landes zu äusserst aus einem im Gebiete des Wellenschlages liegenden Sande mit vielen Rollsteinen bestehen, der namentlich an der Nordseite grössere Flächen bedeckt. Dieser Sand ist ausserordentlich leicht beweglich, und bei kräftiger Luftbewegung wird er in mächtigen Wolken emporgewirbelt, in die Höhe geführt und über den ganzen See ostwärts geschafft, wo er die Felder versandend niederfällt. So gross sind diese äolischen Staub- und Sandmassen, dass auf der Ostseite des Sees der eben gegrabene Ringkanal durch sie vollständig wieder verschüttet wurde, so dass die Bauleitung sich veranlasst sah, hier ausgedehnte Fangdämme zum Schutze desselben anzulegen. Es liegt in der Absicht der Mansfelder Gewerkschaft, diese Sandflächen durch Aufforstung festzulegen und nutzbar zu machen.

Der weitaus überwiegende Theil des trockenen Seegrundes aber besteht aus einem dunklen, humus- und kalkreichen, feinthonigen Schlamme, der einen Ackerboden von ganz wunderbarer und schier unerschöpflicher Fruchtbarkeit abgeben muss. Dieser Mergel ist, wie man in jedem Graben sehen kann, aufs feinste geschichtet und enthält ganz ungeheure Mengen von Schnecken- und Muschelschalen. Dieselben sind bisweilen in einzelnen Lagen in solchen Mengen zusammengehäuft, dass sie helle Streifen in dem dunklen Mergel bilden; an anderen Stellen sieht man ganz junge Brut von Schnecken in Millionen von Exemplaren die Oberfläche des Mergels bedecken, als Opfer der Austrocknung; die Schnecken sind die gewöhnlichen Arten unserer Süsswasserbecken, Limnäen, Planorben, Valvaten und Bithynien; auffallend ist die ungeheure Menge der zierlich gezeichneten kleinen Porzellanschnecken, *Neritina fluviatilis*, auch grosse und kleine Muscheln,

1) KEILHACK, Prometheus 1893, No. 217, S. 132.

Cyclas, *Unio* und *Anodonta* erfüllen und bedecken den Schlamm in grossen Mengen. Auch die Exkremente der auf dem See ungemein häufigen Wasserhühner liegen massenhaft auf der Oberfläche des Schlammes umher.

Die vegetativen Verhältnisse im und am See sind zum Theil sehr eigenthümlicher Art. Eine ganze Anzahl von Wasserpflanzen aus den Gruppen der Froschlaichgewächse und Tausendblätter (*Potamogeton* und *Myriophyllum*) gedeihen üppig im fruchtbaren Schlamm des Seegrundes; mit dem Schwinden ihres Lebenselementes aufs Trockene gesetzt, haben sie in diesem Jahre zum letzten Male ihre Blüthen entfaltet und krampfhafte Versuche gemacht, sich mit dem Luftleben zu versöhnen; aber wo sonst üppig beblätterte Ranken meterlang hinflutheten, da bedeckt jetzt eine dünne kümmerliche Gesellschaft den Boden, der man nur schwer die Zugehörigkeit zu ihren lebensfreudigen Genossen im Wasser ansieht. In der Nähe des Salzkeausflusses war bis in das 2 Meter tiefe Wasser hinein eine üppige Schilfrohrkolonie vorgedrungen; sie ist jetzt vollkommen trocken gelegt, und man kann bereits an ihrem Fusse auf dem alten Seeboden sich bewegen.

In fast 2 Meter hoher senkrechter Wand fällt das dichte Wurzelgeflecht ab und erinnert mit seinen mehrere Centimeter dicken, auf das innigste verflochtenen Rhizomen, die ein völlig dichtes, selbst für ein kleines Thier undurchdringliches Wurzelwerk bilden, aufs lebhafteste an die steil abfallende Aussenseite eines Korallenriffes. Den mächtigen, meist schon vertrockneten Wurzelstöcken aber entspriess kein üppiger, geheimnisvoll im Winde rauschender Rohrwald mehr, sondern nur kleine, kaum spannenlange Pflänzchen deuten seine letzten Lebensäusserungen an. So hinterlässt das zurückweichende Wasser eine absterbende Pflanzengesellschaft, aber über ihre Leichen hinweg schreitet vom Ufer her eine neue in der Fülle des Lebens heran und ergreift von dem jungfräulichen Boden Besitz. Die Umgebung des Salzigen Sees hat von je her bei den Botanikern in hohem Ansehen gestanden, weil hier der salzgeschwängerte Boden eine ganze Reihe von Pflanzen trug, mit denen sonst das grüne Kleid der Erde am Strande unserer Meere geschmückt zu sein pflegt: Von den Pflanzen Deutschlands, die man als charakteristische Salzpflanzen ansehen kann, finden sich nicht weniger als 30% in unserm Gebiete, unter denen die mit zahllosen violetten Blüthen prangende Strandaster (*Aster tripolium*) die schönste und auffallendste, der blattlose Quendel, die Hauptpflanze der Watten an unserer Nordseeküste (*Salicornia herbacea*), die seltsamste ist. Ausser ihnen sind es besonders fleischige, saftreiche Pflanzen aus den Gattungen *Chenopodium*, *Atriplex* und *Rumex*, sowie eine Anzahl grosser Binsen und Riedgräser, die mit fabelhafter Geschwindigkeit von dem kaum vom Wasser verlassenen Boden Besitz ergreifen und ihn sogleich in grösster Menge bedecken. Auch einige bedenkliche Giftpflanzen haben sich an dem reich gedeckten Tische eingefunden, von denen der äusserst giftige Hahnenfuss (*Ranunculus sceleratissimus*) den Mergelboden bevorzugt, während Stechapfel und Bilsenkraut sich mit dem etwas trockeneren sandigen Uferstreifen begnügen.

Auch verschiedene physikalische Beobachtungen kann man bei der Austrocknung des Seegrundes machen. So haben sich im Mergelschlamm überall parallel dem Ufer lange Spalten gebildet, an denen der seewärts gelegene Theil immer um den Betrag einiger Decimeter abgesunken ist. Da diese Spalten nun immer aufs neue sich bilden, so gleicht der Seegrund einer Art Treppe mit ganz breiten, flachen Stufen. Ganz unabhängig von dieser Erscheinung, die als ein Ausgleich der sich gänzlich verändernden Druckverhältnisse zu betrachten ist, steht die Zerlegung des Bodens in eine ungeheure Anzahl prismatischer Körper, die alle durch breite und tiefe Spalten voneinander getrennt sind. Diese Zerklüftung des Bodens beruht natürlich vollkommen auf dem durch Verdunstung des Wassers bewirkten Schwinden desselben. — Auch von der gewaltigen Erosionskraft des fließenden Wassers kann man sich hier vortrefflich am neugebildeten Bette der Weida überzeugen. Dieser Bach muss bis zur Fertigstellung des Ringkanals natürlich noch in das Seebecken einmünden; durch die Vertiefung des Seespiegels ist nun einerseits das Gefälle des Baches im letzten Theile bedeutend vermehrt und andererseits der Fluss gezwungen, sich ein neues Bett zu graben. Das hat er denn auch in unglaublich kurzer Zeit verstanden, und heute fließen seine trüben Wasser in einem cañonartigen, $1\frac{1}{2}$ m tiefen, steil eingeschnittenen Kanale in vielen Windungen dem See zu.

Der Boden des Zeller Sees im Pinzgau ¹⁾ ist zum grössten Theil mit einem dunkelgrauen bis schwarzen Schlamm bedeckt, der äusserst fein zerreiblich ist. In dem reinen Wasser des Sees verfärbte das Loth eine ziemlich grosse Fläche, und dieser Schlamm sank nur sehr langsam in die Tiefe.

Nach den Beobachtungen von FOREL ²⁾ kann man am Boden des Genfer Sees vier Schichten unterscheiden. Die oberste Schicht ist eine organische Haut, bestehend aus Algen und Diatomeen. Die zweite Schicht ist graubraun und enthält Eisenperoxyd, die dritte Schicht ist schwärzlich und zeigt das Eisen in einem Uebergangstadium von Protoxyd zu Peroxyd unter dem Einfluss organischer Materie. Die unterste Schicht ist graublau und enthält Eisenprotoxyd als färbende Substanz.

Die durch die Leerung des Lungerns See ³⁾ trocken gelegten Ablagerungen zeigten folgendes Verhalten: Von dem früheren Bachgrund gegen den See sieht man Schichten, die aus feinerem und größerem Kies bestehen, sich nach dem Abfall zu krümmen und unter einem Winkel von 35° gegen den Seegrund einsenken. Die Höhe dieses Absturzes von dem Buchbett bis zu dem horizontalen Seegrund beträgt 12 m. Die geneigten Kiesschichten sind in der Tiefe nicht merklich dicker als in der Höhe, die Mächtigkeit seiner Kieszwischen-schichten beträgt oft nur 5 cm. Flache Geschiebe von 15 cm Durchmesser folgen mit ihrer breiten Fläche der Schichtung, ebenso Blätter und Holzfasern. Auf dem rechten Ufer des Baches sieht man zwischen den stark geneigten Geschiebeschichten ein Lager von bituminösem Holz bis 15 cm mächtig, die Stämme ganz platt gedrückt. Auf diesen

1) SCHJERNING, Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin 1893 N. 5., S. 379.

2) Vergl. THOULET, Archives des Missions scientifiques 1890, S. 17.

3) STÜDER, Neues Jahrb. für Min. 1836, S. 699.

Kiesbänken, die augenscheinlich aus den Zeiten der Hochwasser herühren, hat sich der feine Schlamm des Seebodens unter einem Fallwinkel von etwa 25° abgesetzt. Seine Schichten haben hier eine Mächtigkeit von 10–20 cm, wachsen nach der Tiefe zu auf eine Mächtigkeit von 1 m und biegen sich gleichzeitig immer mehr horizontal, bis sie endlich den ebenen Seeboden bilden.

Die ¹⁾ grossen alpinen Flüsse Rhein und Rhone setzen bei ihrem Eintritt in die Seen ihren Lauf in unterseeischen Betten fort. Die Furche des Rheines in dem Bodensee ist 4000 m lang und 140 m tief sie misst 600 m Breite und 70 m Höhe.

Das unterseeische Bett der Rhone kann über 6000 m weit verfolgt werden, es ist 500–800 m breit und 60–10 m hoch.

Die Reuss ²⁾ spült täglich 548 cbm Geschiebe in den Vierwaldstädter See, aber wenn sich auch an der Mündung solcher Flüsse ein aus gröberem Kies bestehendes Delta aufschüttet, so ist doch das vorwiegende Sediment in allen Binnenseen ein mit Sand gemischter, meist überaus sandarmer Schlamm. Ich glaube auf diese Thatsache ganz besonderes Gewicht legen zu müssen, weil in der geologischen Literatur sehr häufig mächtige Sandsteinablagerungen als Seebildung oder „lakustrine Sedimente“ betrachtet werden, eine Annahme, die durch die Thatsachen der Gegenwart nirgends bestätigt wird.

Die litorale Zone ³⁾ der Süsswasserseen, die vom Ufer abwärts bis 25 m, meist aber nur bis in geringere Tiefen reicht, ist oft felsig, kiesig, sandig oder schlammig. Unterhalb einer Tiefe, die je nach der Grösse des Sees von 5–25 m schwankt, ist der Boden überall lehmig oder schlammig. Nur vereinzelte erratische Blöcke machen in manchen Schweizer Seen hiervon eine Ausnahme.

Der ⁴⁾ Boden des Sees von Burtneck besteht mit Ausnahme der kiesigen Ufer überall aus kalkigem schwarzem Schlamm, 2–4 m dick, ohne alle Beimischungen, ausser etwas feinem Sand nahe dem Ufer.

Der nach dem Austrocknen des Neusiedler Sees ⁵⁾ zum Vorschein gekommene Seegrund bestand, von einzelnen Sand- und Schotterbänken an den Rändern, und den torfigen Schichten der Rohrungen abgesehen, aus einem feinen Schlamm. Im Innern des Seegebietes ist der Schlamm fast durchgängig sehr gleichförmig und feinkörnig, indem man dort nur selten inselartige Strecken mit etwas grobkörnigerem Sande findet. Sehr reich ist der Schlamm an kohlensaurem Kalk, derselbe beträgt nie unter 20%, oft sogar 50% des Sedimentes. Auch kohlensaure Magnesia ist im Verhältniss von 2 bis 3 : 1 vorhanden. Der Sand ist vorherrschend feiner Qualität, indem die gröbere Sorte einem feinkörnigen Streusand gleichkommt, während die weitverbreitete feinere Art „Staubsand“ genannt werden muss. Der Sand besteht fast nur aus Quarz mit etwas Glimmer. Etwa 8% des Sedimentes ist Thon. Die durch den Erdbohrer aufgeschlossenen tieferen Schichten zeigen sich im Ganzen wenig verschieden von den obersten. Gröberer Sand ist etwas häufiger, Kalk- und Bittererde betragen 10–50%.

1) FOREL, Bull. Soc. Vaud. Scienc. Nat. 1887.

2) HEIM, Jahrb. des Schweizer Alpenclubs 1879, S. 389.

3) FOREL & ZACHARIAS, D. Thier- u. Pflanzenwelt d. Süsswassers 1891, I, S. 5, 7, 8.

4) PARROT, Neues Jahrb. f. Min. 1839. S. 457.

5) MOSER, Jahrb. d. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1866, S. 341.

Die frischen Sedimentproben sind meist bläulich, der Thongehalt steigt bis zu 15 %. Das Grundwasser war von humosen Körpern braun gefärbt, von alkalischer Reaktion und enthielt Kohlen- und Schwefelwasserstoff. Der Salzgehalt betrug mindestens 0,6 %. Die in Wasser löslichen Bestandtheile des Schlammes machen 0,42 bis 1,57 % aus.

Die Seen ¹⁾ Frankreichs sind bedeckt mit meist horizontalen, nur am Rande geneigten Absätzen von Mergel, Thon, Kalk, Sand. Der See von Bourget bildet ein Becken, das in ein Kalkgebirge eingesenkt ist. In einer Tiefe von 100 m findet sich ein hellgrauer Kalkschlamm, der sehr sandig, wenig thonig ist. Der Luft ausgesetzt, wird er durch Oxydation des Schwefeleisens braun. Der Schlammrückstand bei Bourget beträgt 59 % und besteht aus Kies, während er bei Grésine aus 20 % sehr feinem Sand besteht. Dieser Unterschied beruht darauf, dass die Bucht von Grésine sehr ruhig ist, während bei Bourget ein rasch fließender Bach mündet. Der Kalkgehalt des Schlammes schwankt von 60—70 %.

Im Plattensee bildet sich nach v. ZEPHAROVICS ein Sediment, das mehr als 15 % kohlensaure Magnesia enthält.

Der See von Grand-Lieu an der Mündung der Loire besitzt zwar eine Fläche von 70 □ km, aber nur eine Tiefe von 1—2 m. Er ist im 13. Jahrhundert durch eine Ueberschwemmung entstanden. Seine Wände werden aus Gneis gebildet. Das Sediment besteht aus Quarzsand und Glimmerblättchen, die von Osten nach Westen immer mehr mit Schlamm gemischt sind. $\frac{3}{5}$ des Sees wird von kalkfreiem, an organischen Substanzen sehr reichem Schlamm gebildet, dessen sandiger Schlammrückstand an der Mündung des Ognon 73 % beträgt, nach dem Westufer zu aber bis zu $\frac{1}{3}$ % abnimmt.

Die Ablagerungen in den Canadischen Seen ²⁾ bestehen in der Nähe der Küste, gleich wie in Tiefen von 30 m überall aus einem weichen Schlamm von rother, gelber oder blauer Farbe, in der Tiefe überwiegend schmutziggraue und bläuliche Färbungen.

Nach DELESSE ³⁾ bildet Sand nur einen schmalen Rand um die mit Schlamm erfüllten Becken der nordamerikanischen Seen. Im Oberen See findet man Sand auf Untiefen von Schiefergesteinen. Kies findet sich an verschiedenen Stellen des Erie- und Huronsees, hier sogar bis über 100 m tief; aber man muss erwägen, dass diese Seen im Gebiet der diluvialen Moränen liegen.

Durch die Untersuchungen von BRUECKNER ⁴⁾ hat sich ergeben, dass die Niederschlagsmengen im Laufe von 30—35 Jahren einer periodischen Schwankung unterworfen sind; in der Weise, dass alle 35 Jahre ein Niederschlagsmaximum, dazwischen ein Minimum von Regenfall eintritt. Hand in Hand mit diesen grösseren oder geringeren Niederschlagsmengen geht ein verschiedener Wasserstand der Seen und halbatgeschlossenen Nebenmeere. Bei den abflusslosen Seen ist diese Niveauschwankung natürlich am bedeutendsten.

1) DELESSE, Lithologie du fond des mers, S. 90.

2) SCHERMERHORN, Americ. Journal 1887, S. 281.

3) l. c., S. 367.

4) BRUECKNER, Klimaschwankungen. Wien 1890.

Ueber Schwankungen der Seen und Meere. Verh. d. IX. deutschen Geographentages 1891.

NAUMANN¹⁾ hat nun darauf aufmerksam gemacht, dass als eine Folge dieser Niederschlagsperioden auch die Ablagerungen in Binnenseen bestimmte Charaktere erhalten müssen. In Zeiten der Trockenheit werden leichter chemische Ablagerungen, in Regenperioden leichter mechanische Sedimente zum Absatz gelangen.

13. In vielen Seen ist ein ziemlich reiches Thierleben, und nicht selten häufen sich die Schaaalen der darin lebenden Mollusken zu organischen Kalklagern an. Diese Kalkschaalen erleiden oftmals sehr wesentliche Veränderungen. Im Altausseeer See dredgte KOELBEL²⁾ in 30 m Tiefe eine grosse Menge von leeren Schaaalen der *Bithynia tentaculata* und *Valvata piscinalis*, welche so weich waren, dass man sie wie eine teigige Kalkmasse kneten konnte. Beim Austrocknen wurden die Schaaalen wieder hart.

Nach C. VOGT³⁾ bildet sich aus zerfallenen Schaaalen von Süswassermuscheln und Schnecken oftmals jener weisse Kalkschlamm, der als „Seekreide“ oder Alm den Boden vieler Seen bedeckt und auch als Unterlage von Mooren eine grosse Bedeutung besitzt. In den Schweizer Seen, in welchen Pfahlbauten, von Torf überwuchert, gefunden worden sind, beobachtet man unter dem Schlamm und Sand, dessen Absatz noch jetzt fortdauert, Ablagerungen von Seekreide, die eine Mächtigkeit von 9 m erreichen.

Der Alm⁴⁾ bildet in Südbayern im frischen Zustand eine breiige, grumose, äusserst wasserhaltende Masse; trocken einen amorphen, mürben oder griesigen, leichten rauhen Sand von weisser Farbe und meist etwas gelblicher oder bräunlicher Beimischung. Der Alm ist kohlenaurer Kalk mit einem geringen Antheil an kohlenaurer Bittererde, Thonerde, Phosphorsäure und bis zu 18% organischer Substanz. Der im Quellwasser der diluvialen Nagelfluh von Südbayern enthaltene Kalk wird durch Verdunstung als Alm niedergeschlagen. Eine Ausscheidung durch Gefrieren des Wassers ist nach den Versuchen SENDTNER's nicht möglich (l. c. S. 125, Anmerkung).

Nach GREMBLICH⁵⁾ scheinen auch einzellige Algen bei der Bildung des Alm theiligt zu sein.

14. Den durch thierische Reste gebildeten Seeablagernngen müssen wir zum Schluss noch die vegetabilischen Absätze anfügen. Haben nämlich Landseen kieselsäurehaltiges, aber ganz kalkfreies Wasser und sandigkiesige, allmählich in das umliegende Land übergehende Ufer, so siedeln sich auf diesen Wassermoose an und bilden zunächst einen immer dichter und breiter werdenden Kranz rings um den See. Die röhlichen Filze dehnen sich nicht blos nach dem Lande, sondern auch nach dem Wasserspiegel aus und bilden schwimmende Moosdecken („Quebben“ am Steinhuder Meer, „Hangesak“ in Seeland), welche das Aussehen von Wiesen haben, und oft 2 km lang werden. Die immer schwerer werdenden Mooschichten sinken unter, neue Moospolster bilden sich, und so füllt sich allmählich das Seebecken mit Torfmassen aus. Das Steinhuder Meer ist auf diese Weise um $\frac{1}{3}$

1) NAUMANN, Geogr. Tagesfragen. Allgem. Zeitung 1889, Beilage No. 265.

2) Verh. d. k. k. Reichsanstalt. Wien 1879, S. 186.

3) C. VOGT, Lehrb. der Geologie 1871, II, S. 78.

4) SENDTNER, Vegetationsverhältnisse Südbayerns, S. 123.

5) GREMBLICH, Progr. d. k. k. Obergymnasium. Hall 1876—77, S. 11.

seiner Fläche eingetorft. Moosdecken, welche durch stürmische Wellen abgerissen werden, bilden sogar schwimmende Inseln, auf denen sich unter Umständen (Hautsee bei Eisenach) einzelne Birken oder Kiefern ansiedeln.

In kalkhaltigen Gewässern wachsen Gräser und schwimmende Wasserpflanzen, die eine immer dicker werdende Moderschicht bilden; es entstehen moorige Landzungen, mit Gräsern bewachsen, die immer weiter gegen das Innere des Sees vorwachsend, dasselbe endlich ganz ausfüllen können.

Am verbreitetsten sind wohl die Gattungen *Chara* und *Nitella*, welche dichte Rasen in Tümpeln und Seen bilden, und in deren Zellmembranen grosse Mengen von kohlensaurem Kalk abgelagert werden. Aus dem Bodensee ¹⁾ werden sie mit eisernen Rechen herausgeholt um als Dünger verwendet zu werden.

Auch aus zusammengeschwemmten Baumstämmen bilden sich in manchen Seen Humuslager. Der Mackenzie ²⁾ und Slavefluss in Canada setzen in den Seen, die sie durchströmen viel Treibholz ab. In den Seen entstehen Inseln, die bald wieder von lebenden Weidendickichten bedeckt und gebunden werden. Die Treibholzstämme zerfallen dann allmählig in eine dunkelbraune, faserige, torfartige Masse, welche 1—2 m tief von Weidenwurzeln durchzogen wird, oft mit bituminösem Sand und Thon wechsellagert, und in älteren Bänken eine horizontal geschichtete, oder regelmässig gewölbschichtige Textur annimmt, welches auch anfangs die Form der Auflagerungsfläche gewesen sein mag.

Im Schlamm des Achensees beobachtete WILLIAMS ³⁾ 1855 an der Einmündung eines Wasserlaufes einen ganzen versunkenen Wald. Viele Baumstämme, deren Wurzeln mit Steinen beschwert schienen, waren senkrecht untergesunken, dazwischen lag ein wildes Durcheinander von Stämmen und Aesten, die halbvermodert, doch noch deutlich die Jahresringe erkennen liessen.

D. Sobald sich ein Fluss dem Meere nähert, treten ganz besondere Umstände durch die Verbindung von Süsswasser mit Salzwasser ein, und die Ablagerungen der Mündungsgebiete verlangen eine gesonderte Darstellung. Wir haben schon gezeigt, dass die in Binnenseen hineinströmenden Flüsse an ihrer Mündung einen Schuttkegel absetzen und dass die vom Flusse mechanisch mitgeführte Flusstrübe vollständig zu Boden sinkt. In noch viel höherem Maasse aber wirkt das Meer klärend auf alle hineinströmenden Flüsse.

Es ist eine vielbekannte Thatsache ⁴⁾, dass Salzlösungen trübes Wasser klären. In manchen Gegenden Amerikas benützt man Alaun, um Wasser trinkbar zu machen, weit verbreitet ist dieser Gebrauch auch in den Lössgegenden von Nordechina. Im Allgemeinen darf man sagen, je stärker die Salzlösung ist, desto rascher erfolgt der Niederschlag, aber die dazu nöthige Zeit steht in keinem direkten Verhältniss zur Concentration der Lösung; wenn man den Salzgehalt auf die Hälfte vermindert, so erfolgt der Niederschlag nicht gerade in der doppelten

1) FRANK-LEUNIS, Synopsis der Botanik, S. 1586.

2) SENFT, l. c., S. 10.

3) Kosmos, Btl. VII, S. 306, Ref. aus Journal of Sciences, Ser. III, Vol. II, 1880, S. 81.

4) BREWER, Mem. Nat. Acad. of. Sciences, Vol. II, 1883, S. 169.

Zeit. Manche Thone fallen aus Seewasser in 30 Minuten aus, während sie aus Süsswasser erst in ebenso viel Tagen oder sogar Monaten niederfallen; auch wenn man den Salzgehalt steigert, so wird die Niederschlagszeit nicht entsprechend verkürzt. Wenn das Seewasser nur $\frac{1}{10}$ seines Salzgehaltes besitzt, so wird der Niederschlag sehr verlangsamt.

Nach den Untersuchungen von BODLAENDER¹⁾ sind es von den im Seewasser gelösten Stoffen, besonders Chlornatrium, Chlormagnesium und Kohlensäure, welche als gute elektrolytische Leiter klärend auf das Wasser wirken.

Die Bildung²⁾ der Barren an der Mündung und im Aestuarium von Flüssen, ebenso wie die Vertheilung der Sedimente am Boden des Meeres, sind früher meist nur von der hydrodynamischen Seite aus betrachtet worden, indem man die Richtung und Stärke der Strömung als die einzigen maassgebenden Faktoren betrachtete, allein die chemischen Verhältnisse spielen doch dabei eine sehr wesentliche Rolle. Die Erscheinungen der Barrenbildung an der Mündung von Flüssen, welche in Süsswasserseen fließen, und der Absatz der Sedimente in dem Theile der Flüsse, welcher beständig Süsswasser führt, sind sehr verschieden von der Barrenbildung an der Mündung von Flüssen in Salzwasserbecken, oder innerhalb des Aestuariums, dessen Wasser bei Fluth vom Meer aus eindringt.

In Süsswasserflüssen und an ihrer Mündung in Süsswasserseen treten offenkundige Veränderungen an den Barren und Sandbänken nur nach starken Niederschlägen ein, und der Transport ebenso wie die Ablagerung des Gebirgsschuttes erfolgt nur nach hydrodynamischen Gesetzen. Der Absatz des feineren Materials findet nur aus ruhigem, niedrigem Wasser statt und ist im Lauf des Jahres relativ gering.

Aber wenn ein schlammiger Fluss in Salzwasser einströmt, so machen sich neben den mechanischen Kräften auch chemische Einflüsse geltend, eine andere Folge der Erscheinungen tritt ein, und das Wachsthum der Ablagerungen ist verschieden. Dann wird die Geschwindigkeit des Absatzes mehr durch das Salz, wie durch die Strömung beeinflusst, und Strömungsgeschwindigkeiten, welche bei süßem Wasser beständig die Flusstrübe weiterführen würden, haben im Salzwasser oder Brackwasser keine Transportkraft mehr. Thatsächlich beeinflusst nur der Salzgehalt die Geschwindigkeit der Ablagerung.

An der Mündung des Mississippi sieht man diese Gesetze im grossartigen Maassstabe verwirklicht. Zur Zeit der Stromschwelle, wenn das Wasser im Flussbett bis zum Grunde und bis zur Mündung süß ist, findet innerhalb des Flussdeltas kein bemerkenswerther Absatz statt; der ganze Schlamm wird hinausgetragen und trotz der Wellenbewegung erst ausserhalb der Barren abgelagert. Gleichzeitig wird der Mündungskanal ausgeräumt, und die innere Seite der Barre abgspült.

Bei niedrigem Wasserstand des Mississippi dringt das Seewasser in das Flussbett hinein, unterhalb der salzfreien und schlammigen Ober-

1) BODLAENDER, Neues Jahrb. für Min. 1893, II, S. 187.

2) BREWER l. c.

flächenschicht; später wird das Mündungsgebiet brackisch. Jetzt beginnt ein ziemlich beträchtlicher Absatz innerhalb der Barre und innerhalb der Mündungen.

Wenn im nächsten Jahr der Fluss wieder steigt, und das Wasser wieder bis zum Boden süß wird, dann nimmt es den Schlamm des Flussbettes auf und trägt ihn weit hinaus. In einem Jahr waren auf diese Weise Vertiefungen von 35 m ausgegraben worden.

Dieselben Grundsätze haben ihre Geltung für die Vertheilung der Flusstrübe am Boden der Oceane. Trotz aller Meeresströmungen werden alle festen Bestandtheile, welche in das Meer gelangen, nahe der Küste abgelagert.

Durch die geschilderten Verhältnisse wird die Bildung jener Schuttländer an der Mündung grosser Flüsse, die Entstehung der Deltas, unserem Verständniss näher gebracht.

Die grösseren Deltas¹⁾ stellen fast völlig horizontale, nur selten von Terrainwellen unterbrochene Ebenen dar, welche nur wenig über den Seespiegel hervorragen. Die äusseren Ränder gehen entweder durch eine sumpfige Litoralzone unmerklich in das Meer über, oder sie werden von einem Schutzwall sandiger Dünen abgegrenzt.

Bei der geringen Erhebung des Deltalandes über den Meerespiegel finden häufige Ueberschwemmungen desselben sowohl vom Flusse, wie vom Meere aus statt. Die Deltaablagerungen sind mechanische, chemische und organische.

15. Die mechanischen Ablagerungen haben eine sehr verschiedene Korngrösse, doch wenn auch an manchen kurzen Stromläufen grobe Gerölle abgesetzt werden, so bestehen die grösseren Deltas vorwiegend aus dem feinsten Sand oder Schlamm. Die Sedimente des Nil, des Ganges, des Mississippi unterscheiden sich sehr wenig von einander und bestehen aus einem grauen oder graubraunen Staub von feinstem Korn, innerhalb dessen man mit blossen Auge höchstens einige Glimmerblättchen erkennt. Der Gehalt an organischer Substanz beträgt im Nilschlamm 6—9%, im Donauschlamm 1—13%.

Nach den Untersuchungen von HILGARD²⁾ haben die Sedimente des Mississippi folgendes Porenvolumen:

Tallahatschi	: 23,63 %
Frontland	: 58,25 „
Dogwood Ridge	: 61,50 „
Southwest Passage	: 49,20 „
Southwest Mudlump	: 28,81 „

Die mechanischen Ablagerungen setzen sich entweder im Flussbett oder in den bei Ueberschwemmungen gebildeten Seen und Lagunen, oder in den durch den Wind aufgeschütteten Sandhügeln ab, und infolge dessen ist die Schichtung innerhalb der Deltas grossem Wechsel unterworfen.

Die vielen Bohrungen im Gebiet der Deltas von Po, Etsch und Brenta zeigen einen grossen und raschen Wechsel der Ablagerungen. Wohl kehren in jedem Profil Lagen der nämlichen Sande und Thone

1) CREDNER, Die Delta's. Gotha, Peterm. Erg.-Hefte, Bd. XII, S. 10 f.

2) Americ. Journal 1874, S. 10.

wieder, sie besitzen aber in jedem Aufschluss eine eigenthümliche Aufeinanderfolge und eine verschiedene Mächtigkeit. Nur zwei charakteristische Schichten scheinen überall verbreitet zu sein, eine Bank lignit-führenden Sandes in etwa 50 m Tiefe, und eine wasserführende Sandschicht, 60 m tief liegend, und 1—15 m mächtig, welche die artesischen Brunnen speist. Alle anderen Schichten aber breiten sich nur über einen geringen Raum aus, und bilden unregelmässig lentikuläre Massen, welche sich rasch nach allen Seiten hin auskeilen. Wenn man erwägt, dass drei aus dem Alpengebirge herabfließende Ströme dieses Delta gemeinsam aufgebaut haben, so wird dieser Wechsel der Ablagerungen leicht verständlich.

Ganz anders ist der Charakter der Deltaablagerungen grosser Flüsse, wie Nil, Ganges, Yangtsekiang und Mississippi. Die beiden ersten habe ich selbst untersucht, ausserdem ist eine grosse Literatur über diese Bildungen vorhanden.

An allen Nilufeln, ebenso wie an den Aufschlüssen, welche bei niedrigem Wasserstand die im Flussbett gelegenen Inseln zeigen, bemerkt man vollkommen horizontal gelagerte Schichten von sehr verschiedener Mächtigkeit. Die Ufer¹⁾ sind 8—10 m hoch, oft steil, und die verhärteten Schlammsschichten sind bald dünn wie ein Papierblatt, dann wieder 1 m mächtig.

Ganz denselben Eindruck machen die hellgrauen Ablagerungen des Gangesdelta. Am Ufer des Hadjipur-armes in den Sunderbunds sah ich 2 m hohe Aufschlüsse ganz fein geschichtet, und aus 1—2 cm dicken, vollkommen horizontalen Schichten aufgebaut. Dagegen konnte ich an anderen Aufschlüssen bei Diamond-harbour nur zwei deutlich getrennte Stufen unterscheiden, die zwei 80 cm hohen Schlammabänken entsprachen.

Die 9—13 cm hohen Ufer des Yangtsekiangdeltas²⁾ bestehen aus lauter dünnen, horizontal gelagerten Schichten, deren Dicke zwischen 0,8—2,5 mm schwankt. Bei Hankon besteht das Ufer aus 1—3 mm dicken Schichten.

Durchaus unregelmässig ist dagegen die Schichtung der innerhalb der Flussarme abgesetzten Schlamm Massen. Hier wechselt im Gangesdelta das Wasser zweimal täglich seine Richtung. Bei Ebbe fließt der sonst so träge Strom mit ziemlicher Geschwindigkeit dem Meere zu. Das Wasser reisst am Ufer Schlamm los, setzt ihn in ruhigeren Buchten wieder ab, und verändert beständig die Form des Flussbettes, so dass bekanntlich die Schifffahrt auf den Gangesarmen ungemein gefährlich ist, und die besten Lootsen verlangt. Bei Fluth dringt das Meerwasser mit solcher Kraft in alle Kanäle hinein, dass ich seinerzeit wegen der heftigen Strömung nicht stromabwärts fahren konnte, obwohl meine zwei Ruderer sich sehr mühten.

Sehr charakteristisch für die grösseren Deltas ist daher auch die Verlagerung der Mündungen und der Flussarme. Die Veranlassungen dazu sind äusserst mannichfaltig, und die Folge davon ist eine beständige Umlagerung der Deltasedimente. Im Delta³⁾ des Mississippi

1) JANKO, Das Delta des Nil. Budapest 1890, S. 29.

2) Loczy, Reise des Grafen Bela Szechenyi. Wien 1893, I, III, S. 33 (337.)

3) CREDNER, Delta, S. 27.

sind zahlreiche Nebenarme durch Schlamm und Treibholzmassen verstopft, und das Bett des Atchafalaye wird abwechselnd von zwei Flüssen gespeist, so dass seine Ufer aus abwechselnden Lagen von blauem Thon, wie ihn der Mississippi, und von rother ockeriger Erde, wie sie der Redriver absetzt, aufgebaut erscheinen.

Das Delta¹⁾ des Indus besteht aus einer Reihe verschiedenfarbiger Schichten von Erde, Thon und Sand, welche bald parallel sind, bald schwalbenschwanzartig (auskeilend) aneinanderstossen.

Die regelmässige Schichtung der Deltaabsätze vollzieht sich entweder bei den Süsswasserüberschwemmungen seitens des Flusses, oder auch dann, wenn durch Stürme das Meer auf das Deltagebiet überschwemmend übertritt. Dann bleiben süsse, brakische oder salzige Seen überall zurück, eine reiche Sumpflora entwickelt sich und die bituminösen Ueberreste derselben mischen sich mit den mechanischen Absätzen des Flusses.

16. Eine dritte Art von Ablagerungsprocess vollzieht sich unter dem Einfluss der Deflation. Während der trockenen Jahreszeit häuft der Wind den leichten Deltaschlamm zu kleinen Sandhügeln auf, die eine sehr veränderliche Gestalt und Lagerung besitzen. Sie wandern auf dem Festlande hin und her und ihre Basis bleibt dabei oft als diagonal geschichtete Sandbank übrig. Am nördlichen Gangesarm bei Damukdea sind solche diagonal geschichtete sandige Schichten am rechten Ufer weit verbreitet. Berücksichtigen wir endlich die hohen Dünenzüge, welche den äusseren Rand mancher Deltas begleiten, so können wir ermassen, welche Bedeutung diese festländisch aufgelagerten Dünenande gewinnen können.

17. Chemische Ablagerungen spielen den mechanischen Deltaabsätzen gegenüber nur eine geringe Rolle. Es sind wesentlich Ausscheidungen von kohlensaurem Kalk, die im Rhonedelta Sandkörner zu festen Sandstein verkitten, die an den kleinen Flüssen von Kleinasien kalkreiche Barren bilden.

18. Organische Ablagerungen bestehen wesentlich aus vegetabilischen Resten. Die weite Verbreitung von Sumpfpflanzen auf den niedrigen Deltagebieten erklärt es leicht, dass Torflager sich überall einschalten können zwischen die mechanischen Absätze des Stromes. Im Delta des Rheines wechseln Schlammschichten mit eingeschalteten Torflagern bis in 60 m Tiefe. Ein Drittel der Schichten im Deltagebiet von Venedig besteht aus Torf- und Lignitschichten. Bohrungen im Delta vieler anderer Flüsse haben ein ganz ähnliches Verhältniss ergeben. An der Rhonemündung²⁾, am Washita River im S.-O. Arkansas, am Red River, am Ganges u. s. w. hat man Zwischenschichten von Kohle beobachtet.

Die in dem Delta³⁾ angehäuften, von Sand und Schlamm bedeckten organischen Substanzen verfallen im Laufe der Zeiten einem Zersetzungsprocess, unter gleichzeitiger Entwicklung von Gasen. Diese Gase bestehen im Mississippidelta aus 90 % Sumpfgas und treiben an der Mündung der Flussarme, wo der Absatz aller Flusstrübe am

1) BURNER, Ref. Neues Jahrb. für Min. 1836, S. 224.

2) LESQUEREUX, Americ. Journal 1874, S. 31.

3) CREDNER, a. a. O., S. 18.

raschesten erfolgt, den Boden zu 2—6 m hohen Erdhügeln, den sogenannten „Mudlumps“ auf, die sich an ihrer Spitze kraterartig öffnen, Gas und Schlamm ausstossen, und nach mehrjährigem Bestand langsam wieder verschwinden.

III. Wir haben jetzt zum Schluss die Ablagerungen der gemässigten Zone, die sich unter dem Einfluss vorwiegender Deflation bilden, zu besprechen. Da wir die festländischen Vulkane und die Küstengebiete mit ihren Dünensanden in besonderen Abschnitten schildern werden, so können wir uns hier auf 19. die Lehmlager beschränken, die auf dem Festland überall entstehen. Das oftmals sehr feinkörnige Verwitterungspulver wird bei Regenwetter natürlich durch den Regen ablatirt und den Flüssen zugeführt, aber an trockenen Tagen hebt es der Wind auf und wirbelt es hoch in die Luft. So wandert der feine Staub weit über das Land und kommt erst da zur Ruhe, wo der Wind seine Kraft verliert. Solche Stellen sind bei den vorherrschenden Westwinden der gemässigten Zone, die nach Osten blickenden, im Windschatten liegenden Abhänge der Berge. Wichtig für die Ablagerung von solchem Lehmstaub ist ausserdem das Vorhandensein einer dichten Grasnarbe, welche die Stanbtheilchen auffängt und festhält. Wie F. v. RICHTHOFEN¹⁾ gezeigt hat und wie es durch viele andere Forscher bestätigt worden ist, bilden sich auf diesem Wege jene oft sehr mächtigen Lösslager nicht nur der Steppengebiete, sondern auch der bergigen Länder der gemässigten Zone. Der Löss ist meist ungeschichtet, weil die Grasnarbe durch die sich anhäufende Masse hindurch wachsend, eine regelmässige Aufbereitung des Materials nach Korngrösse und Gewicht nicht gestattet. Dagegen ist die Tendenz zu senkrechter Zerklüftung vorwaltend. Durch die ungeschichtete gelbe Masse ziehen sich zarte nach unten sich verästelnde Röhren, entsprechend den nach Verwesen der Graswurzeln übrig bleibenden Hohlräumen; Landschnecken sind meist ungeordnet in der Lössmasse vertheilt. Durch starke Regengüsse kann aber die Oberfläche eines solchen wachsenden Lösslagers leicht mit Gehängeschutt oder Sand überstreut werden, der dann als Zwischenschicht in die Lössmasse eingeschaltet eine, der damaligen Oberfläche derselben entsprechende, oft vielfach geneigte Schichtung zeigt.

20. Im Gebiet der südrussischen Flüsse findet sich ein, durch Humus braun oder schwarz gefärbter Boden, der als Schwarzerde oder Tschernosjom wohlbekannt ist. Er findet sich bis 3000 m hoch²⁾ und ist weiter nichts, als ein humusimprägnirter Löss. In manchen Gegenden wird Walderde, Sumpfboden und Ähnliches als Tschernosjom beschrieben, und es ist sehr wahrscheinlich, dass hier die Schwarzerde eine andere Entstehung hat, aber in der Regel handelt es sich jedenfalls um humusreichen äolisch abgelagerten Löss.

21. Recht selten sind im Gebiet der gemässigten Zone, wenn wir von den Küstenländern absehen, die Dünen. Während sich der noch zu besprechende Wüstengürtel durch ausgedehnte Sandlager auszeichnet, finden wir nach der kälteren Zone hin nur auf den mit lockeren Se-

1) v. RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende. S. 477—483.

2) FR. SCHMIDT, Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1877, S. 830.

AGAPITOFF, Zeitschr. für wissenschaftl. Geographie, II, 1881, S. 245.

Walther, Einleitung in die Geologie.

dimenten bedeckten Niederungen häufigere Sandhügel. Das norddeutsche Diluvium wird an vielen Stellen durch Deflation zu Sandbergen aufgeschüttet, und sogar die 628 m hohe Diluvialhöhe von Röroos in Norwegen ist durch mächtige Sanddünen ausgezeichnet, zwischen denen sich Torfmoore ausbreiten.

Die aus losen Sandmassen¹⁾ bestehende Oberfläche der Dresdener Haide ist der Schauplatz intensiver Sandverwehungen. Dünen von 20 m Höhe werden lokal beobachtet. Während der sogenannte Haidesand eine bis 50 m mächtige horizontal geschichtete Ablagerung bildet, und aus Schichten grober und feinerer Sande zusammengesetzt ist, bestehen die darauf liegenden Dünensande meist aus steil (diagonal) geneigten Lagen. Lokal ziehen sich dünne, zart gekräuselte, wellenförmig auf und absteigende Streifen von durch Eisenschuss verkittetem Sand, die Schichtung der Düne abschneidend, hindurch. Wo das Innere der Düne blogelegt ist, besteht sie aus schaaligen Schichten, oder sie zeigt discordant (diagonal) geschichtete Struktur. Nicht selten ist an der Basis der Dünen gröberes Gesteinsmaterial angehäuft, während solches in der Düne selbst fehlt. Diese darunter liegenden Gerölle sind oft mit Facetten (Dreikanter) bedeckt. Aufrecht stehende Bäume werden in den Dünen sand eingeschlossen beobachtet. Nach jedem heftigen Wind ist die Oberfläche des Sandes mit Rippelmarken von 50 cm Länge und 20 cm Breite bedeckt. Im Windschatten bestehen die Rippelmarken nur aus feinem Sand, während sich auf der Luvseite in den Vertiefungen die bis hanfkorngrossen größeren Sandkörner angesammelt haben.

Während wir in dem vorhergehenden Kapitel zeigen konnten, dass die Polarzone hauptsächlich unter dem Einfluss der Exaration steht und infolgedessen sowohl in ihren Denudationsflächen, wie in ihren Auflagerungsflächen durch den Eistransport bestimmt wird — ist die vornehmste Transportkraft der gemässigten Zone die Erosion des fliessenden Wassers. Daher ist sowohl die Denudation wesentlich eine lineare, d. h. thalbildende, und auch die Denudationsprodukte werden im Verlauf der linearen Wasserströme abgelagert. Die Deflation spielt dagegen eine untergeordnete Rolle, schon deshalb weil die Biosphäre in der gemässigten Zone so weit verbreitet ist.

Die Ablagerungen sind vorwiegend mechanische, denn da alle fliessenden Gewässer (mit sehr geringen Ausnahmen einiger kleiner abflussloser Seen) in den Ocean münden, so tragen sie alle leicht löslichen Salze, die bei der Verwitterung entstanden, oder schon vorher im Gestein enthalten waren, dem Meere zu. Die mechanischen Ablagerungen sind in der Weise aufbereitet, dass am Ursprung der Flussläufe, in den bergigen Gebieten und an deren Abhängen besonders grobkörnige Sedimente, und von hier nach dem Meere und den Niederungen zu immer feinkörnigere Absätze gebildet werden. Nur die in den Flusslauf eingeschalteten Seen sind als Klärungsbecken durch schlammige Ablagerungen über weite Flächen ausgezeichnet. Hier ist auch regelmässige Schichtung häufig, während sonst unregelmässige Schichtung und ein beständiger Wechsel zwischen Denudation und Auf-

1) BECK, & HAZARD, Erläuterungen zur geol. Specialkarte von Sachsen, Section Dresden 1893, S. 92.

lagerung die Ablagerungen der Flussläufe charakterisirt. An einzelnen Stellen kommt es auch zur Bildung von Deflationsgesteinen, zu Inlandsdünen mit deutlicher Diagonalschichtung. Im Windschatten der Berge bilden sich unter der dichten Rasendecke ungeschichtete Lösslager, während in den Gebirgen engebegrenzte Gebiete mit Moränen und verwandten Polarablagerungen bedeckt werden.

Organische Ablagerungen sind zahlreich, besonders Humuslager kommen überall zur Ausbildung.

Die Farbe der Ablagerungen ist vorwiegend gelb, grau, braun, schwarz, selten sind reine Farben, wie weiss und roth.

18. Der Wüstengürtel.

Es ist ein wohlbekanntes physikalisches Gesetz ¹⁾, dass die Regenmenge mit abnehmender Temperatur vom Aequator nach dem Pol zu abnimmt. Innerhalb der Tropenkreise fällt ungefähr im Jahre 200 bis 250 cm, auf dem 30. Breitengrade etwa 150 cm, auf dem 40° etwa 100 cm, auf dem 50° nur 50 cm, und 25 cm oder weniger Niederschläge fallen in den Polarregionen. Aber dieses allgemeingiltige Gesetz erleidet jenseits des Tropenkreises eine bemerkenswerthe Unterbrechung; denn hier befindet sich eine Klimazone, in der die Niederschläge auf ein Minimum sinken, während auf der äquatorialen Seite dieser Zone die heftigen Sommerregen, auf der polaren Seite reichliche Winterregen fallen. Die Folge dieses Regenmangels ist das Vorhandensein eines, gesetzmässig zwischen die gemässigte Zone und das Tropenland eingeschalteten, Wüstengürtels, der sich auf beiden Halbkugeln um die Erde herum verfolgen lässt.

Keine Klimazone lässt sich durch Breitengrade ausnahmslos festlegen, denn der Verlauf der Isothermen wird von der horizontalen und vertikalen Vertheilung des Festlandes in hohem Grade beeinflusst. Daher dürfen wir uns nicht wundern, wenn der Wüstengürtel mancherlei Unregelmässigkeiten zeigt. Man hat bei klimatologischen Betrachtungen vielfach diese Ausnahmen mehr betont, als die Regel, und so ist es gekommen, dass in den Lehrbüchern der Meteorologie gewöhnlich die Wüsten als integrierender Bestandtheil der gemässigten Zone behandelt werden, und dass man nach lokalen Ursachen für ihre Regenlosigkeit sucht. Während die gegentheilige Auffassung unseres Erachtens mehr Berechtigung hat, dass man die gesetzmässige Einordnung des Wüstengürtels zwischen gemässigte Zone und Tropenland hervorhebt, und die Ausnahmen von diesem Gesetz einer besonderen Begründung für werth halte. Den ersten Versuch dieser Art hat GUYOT (l. c. S. 163) unternommen.

Absolut regenlos ist zwar keine einzige Wüste, allein die Armut an Niederschlägen ist doch so bedeutend, dass alle Wüsten der beständigen Wasserläufe entbehren und abflusslos sind. Freilich machen der Nil in Nordafrika und der Colorado in Nordamerika eine auffal-

1) GUYOT, Americ. Journal 1883, II, 161.

J. WALTHER, Die Denudation in der Wüste, 1891, S. 203.

lende Ausnahme, aber beide sind nicht etwa Flüsse, welche in der Wüste entspringen und die Wüste nach dem Meere entwässern, sondern sie sind Passanten, die ihr Quellgebiet jenseits der Wüste haben und die durch die Wüste laufen, ohne Wüstenflüsse zu sein. Der Nil¹⁾ hat bei Chartum eine Hochwassermasse von 25,000 m³, dann fliesst noch der Atbara mit seinen Fluthen hinein, und doch beträgt die gesammte Wassermenge bei Kairo nur 20,000 m³, so viel verliert der Nil auf seinem Weg durch die Wüste.

Wenn es einmal in der Wüste regnet, dann stürzen oft sehr beträchtliche Wassermengen hernieder, und gegenüber den in der gemässigten Zone und im Tropenland weitverbreiteten Landregen, ist der Strichregen eine charakteristische Wüstenerscheinung. Das Wasser überschwemmt dann eine scharf umschriebene Fläche, aber wenn der Regen aufhört, ist gewöhnlich auch das Wasser verlaufen. Es eilt in den niedriger gelegenen Landstrecken dahin, sammelt sich in flachen Mulden und verdunstet dort rasch.

Eine Folge der geringen atmosphärischen Niederschläge ist die Vegetationsarmuth. Die Biosphäre ist in der Wüste sehr kümmerlich entwickelt. Viele Pflanzen leben einen grossen Theil ihrer Entwicklung als unterirdische Knollen oder tiefgehende Wurzeln, und nur wenn es einmal regnet, dann sprossen überall oberirdische Theile empor, rasch blüht die Staude auf, und wenn die letzte Feuchtigkeit vertrocknet ist, dann sinkt auch die Vegetation wieder in ihr latentes Leben zurück. Selbst wo eine grössere Menge von Niederschlägen vegetabilisches Leben während des ganzen Jahres erlaubt, wie in den nordamerikanischen Wüsten, in Turkestan und in manchen die Wüste umgebenden Steppen finden wir doch keine geschlossene Vegetationsdecke, sondern einzelne Grashüschel, isolirte Artemisien und Sukkulenten.

Regenarmuth und Vegetationsarmuth sind also die hervorstechenden Merkmale der Wüste, und als Folge davon sehen wir auch die gesteinsbildenden Vorgänge in der Wüste anders verlaufen wie in anderen Klimazonen.

Die chemische Verwitterung ist gering, denn der selten fallende Regen wird auf allen besonnten Flächen rasch abgetrocknet, und nur in schattigen Höhlungen, auf der Nordseite der Berge, auf der Unterseite der Felsblöcke hält sich die Feuchtigkeit länger und wittert sonderbare Felsenformen aus. Auch organische Verwitterung ist bei der Vegetationsarmuth nur wenig wirksam. Umso kräftiger wirkt die physikalische Verwitterung. Ungemildert brennt die Sonne auf den nackten Erdboden und erwärmt die Felsen bis auf 80° C. Nachts strahlt der Boden alle Tageswärme wieder aus und gegen Morgen herrscht eine empfindliche Kälte. Die täglich wiederkehrenden Temperaturwechsel sprengen die festesten Gesteine in scharfkantige Stücke, zerbröckeln den Granit in groben Sand. So bilden sich Schuttkegel locker übereinanderliegender Bruchstücke, die, von Wasser und Wind bearbeitet, langsam an den Bergabhängen herabgleiten und alle Vertiefungen, Ebenen und Thalsenken mit mächtigen Schuttmassen erfüllen.

Im nördlichen Chile²⁾ ist es äusserst dürr; 1835 war 13 Monate

1) JANKO, Das Nildelta, S. 23.

2) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 407.

lang kein Regenschauer gefallen. Nach 2 oder 3 sehr trockenen Jahren, während der vielleicht nur ein Schauer fällt, folgt meistens ein regnerisches Jahr. Die Flüsse schwellen an und bedecken die schmalen Streifen, welche für die Kultur passend sind, mit Sand und Steinen. Für die Wirkungsweise derartig seltener Regen ist es bezeichnend, dass sie ihre Erosionsprodukte in fast horizontalen Schichten über eine weite Fläche ausbreiten, und dass durch die Deflation während der folgenden Trockenzeit dieser Schutt dann noch mehr eingeebnet wird. Die Sohle eines grossen Thalkessels bei Copiapo war vollkommen eben, fast horizontal, aber ganz mit Schutt ausgefüllt.

Als Transportkraft könnte das Wasser in der Wüste ungehemmt überall thätig sein, allein es regnet so selten, dass die Erosion nur periodisch eine bemerkenswerthe Denudationskraft entfaltet. Der heftig herniederstürzende Strichregen sammelt sich in den Thälern zu hohen Fluthen, reisst gewaltige Blöcke und ungeheure Schuttmassen mit sich fort, schleppt sie auf die Ebene hinaus und breitet sie fächerförmig über das flache Land. Das Wasser verrinnt und versiegt, ehe es Zeit hatte, sich zu isolirten Wasserläufen zu vereinigen, in dem ausgedörrten Boden und lässt ganz gegen seine sonstige Gewohnheit die mitgeschleppten Schotmassen als horizontal ausgebreitete, geschichtete Ablagerung zurück.

Uebertroffen aber wird das Wasser an Leistungsfähigkeit durch die denudierende Kraft des Windes, die Deflation. Mit unglaublicher Gewalt rast der glühendheisse Wüstenwind über die ausgedörrte Ebene. Er ablatirt nicht nur Staub und Sand, nein selbst grössere Fragmente und Steine¹⁾; schleudert diese Wurfgeschosse gegen jedes ihm entgegenstehende Hinderniss und schleift glänzende Corrasionsflächen. Auf seinem Wege separirt er die mitgerissenen Verwitterungsprodukte nach Korngrösse und specifischem Gewicht, und während er den gröberen Sand zu Dünenzügen aufschüttet, trägt er den feinen Staub noch weit über die Grenzen der Wüsten hinaus in die umgebenden Steppen.

Wenn in der gemässigten Zone die Deflation durch das Ueberwiegen der Erosion verdeckt wird, so ist in der Wüste das umgekehrte der Fall, und oft glaubt man über den Spuren des denudirenden Windes die Merkmale des fliessenden Wassers übersehen zu dürfen.

In der Wüste bilden sich mechanische und chemische Ablagerungen; organische Absätze verhindert der Mangel einer geschlossenen Biosphäre, und die vulkanischen Ablagerungen werden wir in einem besonderen Abschnitt zu behandeln haben.

I. Die mechanischen Ablagerungen sind 1. der Gehängeschutt. Es ist ein seltsames Landschaftsbild, wenn man zum erstenmale im Innern einer echten Wüste alle Berge inselgleich aus einem fast ebenen Schuttmeere aufsteigen sieht. Gerade solche Gesteine, die in unserem Klima oder im Tropenland zur Bildung sanfter gerundeter Dome und flacher Kuppen neigen, wie Granit und ähnliche krystallinische Felsarten, treten in der Wüste mit fast senkrechten Wänden steil aus der Ebene heraus; sie sehen aus als ob sie wie Pilzköpfe aus dem Erdboden hervorwüchsen. Auf der glatten nur

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 414.

von schaaligen Rindensprüngen durchzogenen Felsmasse bemerken wir langgezogene Streifen. Es sind die Gleitspuren des absinkenden Schuttes. Wie ein zäher Teig gleitet der Schutt an den Berggehängen herab, und wird zu einer sanft aufsteigenden, oft fast horizontalen Ebene aufgelagert. Nur wo das Gestein zu Wüstensand zerfällt, da sehen wir diesen in einzelnen Sandfeldern hoch oben zwischen den Gipfeln liegen, mit zackigem Umriss und steiler Neigung wie ein Schneefeld im Hochgebirge. Sonst ragen die schuttentblösten Gipfel inselgleich aus dem ebenen Schuttlande hervor. Die eigenthümlichen Ueberfluthungen, welche in der Wüste nach heftigen Regengüssen das ganze Gebiet auf kurze Zeit unter Wasser setzen, sind der Grund, dass der Schutt nur selten in einzelnen scharfmarkirten Schotterhügelketten die Ausgänge der Thäler säumt, oder dieselben wie eine Moräne in das Vorland verlängert.

So werden in der Nähe von schuttbildenden Bergen die Thal-senken und die Depressionen allmählig mit Schuttmassen ausgefüllt, welche in mächtigen Bänken übereinander liegen, deren fast horizontale Schichtung ganz wenig gegen die umgebenden Berge ansteigt, und deren scharfkantige oder wassergerundete Felstrümmer nach dem Mittelpunkt der Senkung an Grösse abnehmen. Mit Unrecht hat man vielfach solche Ablagerungen als „Seebildungen“ erklärt.

Auch die Ablagerungen in schmalen gewundenen Thalrinnen tragen einen ähnlichen Charakter, auch sie bestehen aus ebenflächigen Schichten von Sand, Geröll, Schuttmassen, die wenn sie späterhin von anderen Wasserfluthen wieder angeschnitten werden, Moränen ähnlich sehen und mehrfach mit solchen verwechselt worden sind. Wenn solche Schuttablagerungen in der Wüste jahrelang trocken liegen, so werden sie oberflächlich leicht vom Wind und von der Sonne bearbeitet. Der Wind bläst die leichteren Theile heraus und lässt eine Deckschicht von grobem schweren Geröll übrig. Diese Gerölle werden von dem wirbelnden Sand mit Sandschliffen versehen, erhalten bisweilen die Form von Facettengeschieben (Dreikanter), Glyptolithen¹⁾ und bedecken sich unter dem Einfluss der Sonne mit jenem seltsamen braunen Firniss, den man als „schwarze Schutzrinde“ oder „Wüstenlack“ bezeichnet hat. Andere Gerölle werden durch die Temperatur-differenzen von scharfen Sprüngen zerklüftet, und oftmals sieht man ein Lager vollkommen wassergerundeter Gerölle, dessen Deckschicht aus scharfkantig gesprungenen, halbirtten Geröllern mit den charakteristischen Corrasionserscheinungen der Deflation bestehen. Solche durch die Sonne geborstene Gerölle können auch ganz vereinzelt zwischen wassergerundeten Geschieben liegen.

2. Die Ablagerungen an Quellen in der Wüste spielen meist eine unbedeutende Rolle, weil nur wenige Quellen solche Wassermassen liefern, dass ihre Absätze ein grösseres Gebiet bedecken konnten. Viele der sogenannten „Quellen“ in den ägyptischen Wüsten (die man besser als Wasserlöcher bezeichnen müsste), sind erfüllt mit einem dichten Rasen von *Chara*, die in dem salzigen Wasser ausgezeichnet gedeihen und vielen Krebschen zum Schlupfwinkel dienen. Die Quelle Ayin Marcha an der Sinaihalbinsel ist ein gutes Beispiel hierfür.

1) WOODWORTH, Americ. Journal, Vol. XLVII, 1894, S. 70.

Die Quelle Ayin Musa bei Sues¹⁾ besteht aus mehreren 4—5 m hohen Hügeln, auf deren Spitze eine mit schwarzem Schlamm erfüllte Wasserlache ist. Darin leben Wasserkäfer, *Melania fasciolata* Oliv. und *Cypris delecta* Müll. und von Diatomeen: *Epithemia gibba*, *E. argus*, *Denticula tenuis*, *Fragilaria capucina*, *Pinnularia viridis*, *Orthosina arenaria*, *Mastogloia Smithii*. Nach FRAAS sind die Quellhügel hauptsächlich durch die Kalkschalen von *Cypris* aufgebaut, welche die Quellgänge ummauerten.

3. Eine interessante Quelle ist diejenige bei dem Kloster St. Anton in der südlichen Galala. Hier setzt das lebhaft heraussprudelnde, aber bald versiegende Wasser eine mächtige Ablagerung von Kalksinter ab. Einige Palmen und andere Wüstenpflanzen stehen auf dem Sinterhügel. Die jetzt noch fortdauernde Bildung des Kalksinters beweist, dass dieses Gestein sich auch unter dem Einfluss des Wüstenklimas bildet.

4. In der Coloradowüste²⁾ zwischen Colorado und S. Diego, findet man Schlammgesprudel. Die 30 m breiten und bis 2 m tiefen, mit blauem Thonbrei erfüllten Kessel, an der Spitze flacher Hügel, werfen bisweilen heissen Schlamm hoch in die Luft.

In Turkmenien³⁾ bevölkert *Thelphusa fluviatilis* alle Wasseradern, oft in unschätzbaren Mengen. Selbst in der Glutzeit trifft man diese Flusskrabben auf dem trockenen Land, indess nie weit vom Wasser entfernt.

5. Ganz andere Ablagerungen entstehen an den Ufern der Flüsse, welche wie der Colorado oder der Nil die Wüste durchqueren, ohne sich darin heimisch zu fühlen. Nur sehr wasserreiche Flüsse können ungestraft eine Wüste kreuzen, und infolgedessen werden sie in ihrem Mittellaufgebiet nicht unbeträchtliche Ablagerungen zurücklassen können, die sich in keiner Hinsicht unterscheiden von denjenigen Sedimenten, die wir im vorigen Kapitel von den Flüssen der gemäßigten Zone beschrieben haben. Solche Ablagerungen können wechsellagern mit Wüstenschutt, und das Profil kann dadurch ziemlich complicirt werden. Der Wasserreichtum des Nil und des Colorado ermöglicht auch eine ziemlich reiche Vegetation, und so finden wir den ganzen Lauf des Nil durch Nordafrika gesäumt von fruchtbaren Ländereien. Der Colorado durchströmt die Mohavewüste und da dort die fruchtbaren Niederungen noch nicht der Kultur dienstbar geworden sind, kann man ausgezeichnet den Gegensatz zwischen Fluss- und Wüstenablagerung studiren. Wenn man von der Station Needles gegen Westen wandert, so sieht man ein mit grossen und kleinen Blöcken übersäetes Schuttland, dass in einer sanft geneigten Fläche bis zu den fernen Granitzacken ansteigt. 5 m tiefe Schluchten sind durch Wassergüsse in den Schutt eingerissen, der meist aus krystallinen Gesteinen besteht, die oberflächlich in groben Grus zerfallen, oder geborsten sind unter dem verwitterndem Einfluss der Wüstensonne. Obwohl es hier ziemlich selten regnet, so ist doch die Vertheilung des Schuttes wesentlich durch diese gelegentlichen Strichregen erfolgt, und die Deflation konnte daran nur wenig ändern. Eine überaus seltsame Vegetation von *Cereus*

1) FRAAS, Aus dem Orient, S. 182.

2) Proc. Calif. Acad. of Nat. Hist. 1858, Petermanns Mitth., Bd. V, S. 84. Ref.

3) A. WALTER, Zool. Jahrb. IV, S. 1120.

giganteus, und anderen Wüstengewächsen ist in der Sohle der Trockenthäler etwas reicher entwickelt.

Wenden wir jetzt unsere Schritte nach dem Colorado, der seine rothbraunen Schlammfluthen durch die Ebene dahinwälzt, so sehen wir seine etwa 2 m hohen Steilufer aus Sand und Schlammsschichten aufgebaut. Eine im Strombett auftauchende Insel besteht aus rothbraunem, horizontal geschichtetem sehr feinsandigem Schlamm mit schwärzlichen dünnen Zwischenlagern. Die Ufer sind dicht mit hohem Schilf bewachsen, dazwischen stehen Weiden und Akazienbüsche. Der wellige Boden besteht grösstentheils aus Sandhügeln, oft mit schönen Rippelmarken bedeckt, zwischen ihnen stehen gelbe schlammige Wasserbecken von grünen Pappeln umsäumt, oder sumpfige Strecken. So bilden sich hier dicht nebeneinander wohlgeschichtete feinsandige Ueberschwemmungsschichten, Dünensandsteine, torfige Moorlager vereint mit den Geröllmassen, Conglomeraten und Breccien der nahen Wüste, welche vielfach wechsellagernd ineinander greifen.

6. Unter günstigen Umständen können sich in der Wüste Seen bilden, in denen nicht nur die später zu behandelnden chemischen Absätze, sondern auch mechanische Sedimente zur Ablagerung kommen. Gegenüber dem relativ beständigen Wasserstand der Seen in der gemässigten Zone, wechselt die Wassertiefe von Wüstenseen ungemein häufig. Dadurch erhalten die darin gebildeten Ablagerungen ganz besonders charakteristische Merkmale, und lassen sich daran leicht von anderen Seeabsätzen unterscheiden. Bezeichnend für Wüstenseen ist es ausserdem, dass sie keinen dauernden Abfluss haben. So dass die Höhe ihres Wasserstandes regulirt wird von der Menge der Zuflüsse und der Grösse der Verdunstung. Mit diesem letzten Faktor hängt der Salzreichtum aller Wüstenseen eng zusammen. Die Seen eines gemässigten Klimas ebenso wie diejenigen des Tropenlandes werden von Flüssen gespeist, die aus vegetationsreichen Gebieten kommen und infolge dessen oft grosse Mengen vegetabilischer Substanzen dem Seebecken zuführen. Das ist bei einem echten Wüstensee nicht der Fall, und während dort am Boden des Sees sehr häufig dunkelgefärbte Thone zum Absatz gelangen, herrscht bei den Ablagerungen eines Wüstensees, wenn auch nicht ausnahmslos, eine hellere Farbe vor. Ein ausgezeichnetes Beispiel um die mechanischen Ablagerungen fossiler Wüstenseen zu studiren bietet das „Grosse Becken“ in Utah und Nevada, in welchem die Reste des alten Lake Bonneville und Lake Lahontan liegen, die ausgezeichnet beschrieben¹⁾ worden sind.

Der wechselnde Wasserstand²⁾ eines Wüstensees bringt es mit sich, dass die Ablagerungen desselben bei geringer Neigung des Untergrundes mit wechselnder Verbreitung nebeneinander, bei steileren Böschungen aber übereinander zum Absatz gelangen. Da die Wüstentröflüsse während eines Theils des Jahres oft ganz austrocknen, zu anderen Zeiten aber heftig anschwellen, so gehören sie zu den schon S. 757 erwähnten periodisch anschwellenden Wasserläufen, die trotz ihrer geringen mittleren Wassermenge doch eine sehr heftige Erosions-

1) RUSSEL, Ann. Rep. U. S. G. Survey, 1881–82, S. 189 f.

G. K. GILBERT, Monographies I, U. S. G. S. 1890, Lake Bonneville.

2) PARK, Americ. Journal 1874, 11, S. 226

wirkung ausüben. So werden durch derartige Flüsse den Wüstenseen periodisch grosse Mengen von Schutt und Geröllen zugeführt, die sich zuerst als Delta an der Flussmündung aufschütten. Ein solches Delta unterscheidet sich durch nichts von der Struktur eines anderen Seedeltas, seine obere Fläche¹⁾ ist eine Terrasse, die sich fächerförmig vor der Flussmündung ausbreitet. Der nach dem See zu gerichtete Abfall hat eine Böschung von 10—25°. Da ein Wüstensee in der Regel salzreiches Wasser enthält, so werden gerade wie bei einem marinen Delta nicht nur die gröberen, sondern auch die feineren Partikelchen sehr bald niedergeschlagen, und das Delta wächst relativ rascher als dasjenige eines Süswassersees. Die innere Schichtung eines Deltas ist eine dreifache. Die Oberfläche ist horizontal, wenn auch etwas uneben, je nach der Form des Untergrundes. Die innere Masse des Aufschüttungskegels besteht aus mantelförmigen Schichten, die gegen das Becken etwas einfallend sich parallel übereinander legen, und die sich langsam nach unten in die wieder horizontalen Schichten des Seebodens umbiegen. Häufig gräbt sich der Fluss in diesen Schuttkegel eine Rinne und theilt so die Deltamasse in mehrere Stücke.

Das durch die Zuflüsse dem Lake Bonneville zugeführte Geröllmaterial, zusammen mit dem durch den Wellenschlag am Seeufer abradirten Gestein wurde durch die Wellenbewegung am Ufer entlang geschoben, und bildete bald Landzungen, die wie Nehrungen in die Wasserfläche hineinragten, bald Schotterterrassen, die das Seeufer im Niveau des jedesmaligen Wasserstandes säumen. Nach der Seeseite zu wird das Material dieser Strandterrassen immer feinkörniger und geht allmählig über in die thonigen Absätze des Seebodens, die lokal mit gröberem Sand und Schottermassen wechsellagern. An einem Profil bei Old River Bed beobachtete GILBERT folgende Schichten:

- oben 3 m feiner Sand der nach unten allmählig übergeht in
- 3 m weissen kalkigen Mergel, hellgrau oder gelblich an frischen Aufschlüssen, rasch weiss werdend, Gyps enthaltend.
- 30 m gelben Thon, eine feine knetbare Masse, vollkommen geschichtet, an frischen Aufschlüssen olivgrau, an älteren blassgelb. Lokale Schichten von Sand sind eingeschaltet, ebenso Muschelschalen, Selenitkrystall und Gypsdruzen.

An manchen Stellen scheinen solche Thone durch Zuflüsse aufgewühlt und abermals abgelagert worden zu sein, denn die Schichten fallen 3—4° nach der See mitte.

Auch an den Ufern²⁾ des Lake Lahontan haben die einströmenden Flüsse eine grosse Masse Gebirgsschutt abgelagert. Aber wegen der häufigen Schwankungen des Seespiegels sind die meisten dieser Ablagerungen später wieder zerstört oder wenigstens unter den eigentlichen Seeablagerungen so vergraben, dass wohlansgebildete Deltas nicht beobachtet werden. Die eigentlichen feinen Seethone sind horizontal geschichtet, von mäusegrauer Farbe, und wechsellagern mit unregelmässig geschichteten Sanden und Kiesen, sowie chemischen Kalkabsätzen.

1) GILBERT, l. c., S. 69.

2) RUSSELL, l. c., S. 221.

II. Neben den mechanischen Ablagerungen spielen in Wüstenseen die chemischen Ablagerungen eine überaus wichtige Rolle. Ein gewöhnlicher Süßwassersee¹⁾ ist weiter nichts als die Erweiterung eines oder mehrerer Flüsse. Für den Geologen ist es nur eine Uebergangserscheinung in der Geschichte des Flusssystems, denn gar bald wird er ausgefüllt und der Fluss windet sich dann durch die mit jungen Ablagerungen bedeckte, trockenliegende Ebene. Das Wasser eines solchen Sees hat die normale Zusammensetzung des durchströmenden Flusswassers, und der Fluss lässt nur seine mechanisch getragenen Sedimente darin niederfallen. Ein abflussloser See aber, wie es die Wüstenseen fast alle sind, behält nicht nur alle mechanisch getragenen, sondern auch alle chemisch gelösten Bestandtheile des Flusswassers in seinem Becken zurück. Je älter ein solcher See ist, desto reicher ist unter sonst gleichen Umständen sein Wasser an gelösten Salzen, und wenn der Sättigungsgrad erreicht ist, beginnt der chemische Niederschlag der Salze. So wechsellagern chemische und mechanische Ablagerungen in den meisten Wüstenseen, und wir wollen die wichtigsten Absätze vergleichend besprechen.

7. Während wir bei Behandlung der marinen Facies noch zu zeigen haben, dass chemische Kalkabsätze am Meeresboden nur unter den lokalen Bedingungen des marinen Grundwassers in den oberflächlichen Schlammsschichten entstehen, sind abflusslose Wüstenseen für die chemische Ausscheidung von kohlensaurem Kalk überaus geeignet. Im Gebiet des Lake Lahontan und auch am grossen Salzsee von Utah finden wir derartige Kalkabsätze weit verbreitet. Dort konnte RUSSEL drei verschiedene Arten unterscheiden, die die Oberfläche fast aller Felsen sowohl an den Ufern wie am Boden des alten Sees bedecken und nach unten allmählig in den schon beschriebenen Seethon übergehen, dessen hoher Kalkgehalt jedenfalls auch durch chemischen Niederschlag entstand. Der Lithoidkalk ist gewöhnlich grau gefärbt und von dichtem Gefüge, er wird bisweilen von Kies und Sand überlagert, die ebenfalls mit Kalk cämentirt sind. Der Thinolitkalk²⁾ besteht aus Krystallen, die orthorhombische Prismen von 15–20 cm Länge und 1–2 cm Dicke darstellen. Dieselben sind Pseudomorphosen nach Gaylussit, und bilden Lager von 2–3 m Dicke. Am weitesten verbreitet ist die dritte Varietät der Dendritickalk, welcher eine moosartig verästelte Struktur hat, und Lager von 6–15 m Dicke bildet. Er überzieht den alten Seeboden mit domartigen Kalkrinden, die auf isolirten Klippen zu grossen pilzförmlichen Gestalten emporwachsen, und der ganzen Gegend ein überaus sonderbares Ansehen verleihen. Analysen ergaben:

	Lithoidkalk	Thinolitkalk	Dendritickalk
unlöslich	1,70	3,88	5,06
CaO	50,48	50,45	49,14
MgO	2,88	1,37	1,99
CO ₂	41,85	40,90	40,31

Dazu kamen Spuren von Eisen, Thonerde, Phosphorsäure, Wasser u. s. w.

1) RUSSELL, l. c. S. 211.

2) DANA, Bull. U. S. G. S. 1884, No. 12.

8. In vielen Wüsten sind Salze in den Gewässern und Gesteinen weitverbreitet. Nach POSEPNY¹⁾ spielt der Wind eine nicht geringe Rolle bei der Vertheilung des Salzes. Denn jeder vom Meere her wehende Wind reißt Spuren von Salzwasser, und kleine am Ufer auskrystallisirte Salztheilchen mit sich fort, und kann auf diese Weise im Laufe langer Jahrtausende beträchtliche Salz mengen dem Festlande zuführen.

Ich habe bei Tor am Sinai Untersuchungen über den Salzgehalt des die Wüste bestreichenden Seewindes angestellt, doch gelang es mir nicht, wägbare Spuren von Salz darin nachzuweisen. Die Hauptquelle des Wüstensalzes scheint mithin in den Seesalzen, welche marine fossile Gesteine enthalten, und in den Verwitterungssalzen verschiedener Felsarten zu liegen.

Jedes marin entstandene Gestein enthält in seinen Poren eine gewisse Menge von Seesalzen, die in einem regenreichen Klima rasch ausgewaschen werden. Auch bei der chemischen Verwitterung der Gesteine entstehen leichtlösliche Verbindungen, die ebenfalls vom Regenwasser gelöst und entführt werden. So gelangen dieselben aus jedem abfließenden Gebiet endlich in das Meer und mischen sich mit den daselbst vorhandenen Lösungen. Da aber in der Wüste nur ungefähr der 50. Theil des Regens fällt, den wir in einem regenreicheren Klima beobachten, so muss naturgemäss alles Quellwasser 50mal soviel Salz aus den Felsen lösen, wenn dieselbe Wirkung erzielt werden soll. Kein Wunder, dass daher alle Wüstenquellen beträchtliche Mengen gelöster Bestandtheile enthalten und in der Regel sehr salzig schmecken. Die Wüste ist abflusslos und wird nicht nach dem Meere zu drainirt. Die Bäche versiegen, oder sie münden in einen Wüstensee, der durch Verdunstung soviel Wasser verliert, wie ihm zugeführt wird. Kein Wunder, wenn sich unter diesen Umständen das Salz in den Wüstenseen anreichert, wenn das Wasser derselben bald seinen Sättigungsgrad erreicht. Vielfach hat man das Wüstensalz als einen Rest eingedampften Meerwassers betrachtet und daraus gefolgert, dass die Wüste als Meeresboden gebildet worden sei, aber nirgends finden wir mitten in der Wüste einen Salzsee, dessen Bestandtheile alle Salze des Meeres enthalten, vielmehr finden wir in den Wüstenseen nur eine concentrirte Lösung derjenigen Salze, die in grösserer Verdünnung in den Wasserläufen enthalten sind, welche den betreffenden See speisen. Schon die Existenz von Boraxseen ist der beste Beweis, dass das Wasser der Wüstenseen nicht einfach abgeschnittene und eingedampfte Meereslagunen sind. Selbst das süsse Nilwasser, dessen Salzgehalt ein sehr geringer ist, versalzt den Boden, wenn es abflusslos verdampft, und viele Strecken von Unterägypten werden aus diesem Grunde bei den Nilüberschwemmungen absichtlich nicht bewässert, weil sie nicht entwässert werden können und daher versalzen würden.

Da man bisher die Salzseen des Wüstengürtels meist nur dann genauer untersucht hat, wenn sie technisch verwertbare Salze enthielten, so sind ausser den eigentlichen a. Chlornatriumseen, nur b. Natronseen und c. Boraxseen unterschieden worden. Aber es dürfte sich heraus-

1) POSEPNY, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Wien Math. Naturw. Classe 1877, Juli 195.

stellen, dass die Mannichfaltigkeit der Wüstenseen eine viel grössere ist, und dass man später viel mehr Typen wird aufstellen können.

Obwohl das Meerwasser die absolut grössten Salzmenge enthält, die bekannt sind, so ist doch das Meerwasser eine so schwache Salzlösung, dass an seinem Grunde nirgends Salz ausgeschieden werden kann. Da es nun sehr mächtige fossile Salzlager giebt, und zwar auch solche, in denen sämtliche Bestandtheile des Seewassers enthalten sind, so hat man eine sehr interessante und bestechende Erklärung für die Bildung solcher Salzlager in einer durch eine Barre abgeschnittenen Lagune gefunden. Und diese „Barrentheorie“ hat sich rasch eingebürgert und ist rasch zur allgemeinen Annahme gekommen.

Wenn wir uns aber auf den Standpunkt der ontologischen Methode stellen, so ist die Barrentheorie nicht gerade in dem landläufigen Sinne zur Erklärung fossiler Salzlager zu benutzen. Es giebt heutzutage keine Barren am Meere, welche die Entstehung grösserer Salzlager unserem Verständniss näher brächten. Das vielfach angezogene Beispiel des Karabugagolfes am Ostufer des Caspisees betrifft eine in der Wüste gelegenen Bucht eines abflusslosen Binnensees. Das Todte Meer ist ein abflussloser Wüstensee, der Run of Cutch liegt in der Wüste und die natürlichen Salzpfannen von Ranai und Allolobod am Ufer des rothen Meeres haben so geringe Dimensionen, dass dort nur kleine Salzlager entstehen, und ausserdem liegen auch sie an der Küste eines Wüstenlandes. Die Thatfachen der Gegenwart sprechen also dafür, dass mächtige Salzlager zu ihrer Bildung weniger die Nähe des Meeres verlangen, als einen abflusslosen See in einem Wüstenlande (oder im Tropenland s. u.).

Die Salzlager der Gegenwart sind nicht marine, sondern festländische Bildungen und wir müssen daher die einschlägigen recenten Erscheinungen etwas ausführlich behandeln:

a. Die Salzseen sind eine typische Wüstenerscheinung, deren Ursachen wir oben auseinandergesetzt haben. Dem wechselnden Wasserstand eines Wüstensees entsprechend, stellen sie bald einen blauen Salzsee, bald einen schlammigen Sumpf, bald eine spiegelnde Salzdecke dar. Der Schott Melrir¹⁾ in Tunisien ist von einer so weissen und reinen Salzkruste überdeckt, dass er täuschend einem gefrorenen See gleicht. Die Berge des Kutiat Gaturfa an seinem Rande enthalten Gyps und Landschnecken, aber keine Spur von Meeresmuscheln.

Die Saline²⁾ von Tozeur hat mehrere Meilen Ausdehnung und scheint aus geschmolzenem Metall, oder polirtem Marmor zu bestehen, oder erscheint wie ein gefrorener See. Eine in den Boden gestossene Lanze versank bis zur Spitze im Salzschlamm. Später überschritt die Karawane eine Sebeha (Salzsumpf) und traf Anfangs Salzschlamm, dann folgte eine krystallinische Salzdecke, hart und durchsichtig wie Glas, der Boden dröhnte dumpf unter den Schritten. Die Decke war mehrere Zoll dick und verbarg einen Salztümpel, dessen Grund nicht erreicht wurde.

1) BUVRY, Zeitschr. für Allg. Erdkunde 1858, S. 226.

2) ROUDAIRE, La Mission des Chotts 1877, S. 38.

Auf der Reise von Boghar nach Laghuat fand VILLE¹⁾ zwei Salzbecken. Der Zahrez Rharbi ist 40 km lang, 8 km breit, im Winter 3 m tief, im Sommer von einer Salzdecke überkleidet. Dieselbe ist in der Mitte 70 cm, im Durchschnitt 33 cm dick und enthält 98 % NaCl. Der Zahrez Chergui ist 36 km lang, 14 km breit, auch sein schlammiger Boden ist im Sommer salzbedeckt. Dünengebiete liegen in nächster Nähe an diesen Salzlagern.

In den Salztümpeln²⁾ von Bilma und Kalala bildet sich innerhalb weniger Tage eine mehrere Zoll dicke Kruste von Salz, die durchstossen und abgefischt wird. Ein grosser Theil von Centralafrika wird von hier aus durch die Tuareg, Tebu und Arabu mit Salz versorgt.

Westlich von Hanfila³⁾ am Rothen Meer ist eine Salzebene unter dem Meeresspiegel, rings umgeben von einem Gypswall. Die Flüsse der östlichen abyssinischen Alpen fliessen in diese Depression, doch verdampft alles Wasser darin. Das Salz wird in Pfundstücken nach Abyssinien gebracht und auf den Salzmärkten in Agamé und Atobi verhandelt.

Bei der Krystallisation des Salzes⁴⁾ in den Salzpflanzen von Allolobod am südlichen Rothen Meer, schlägt sich der in der Soole enthaltene Gyps zuerst nieder, und es entsteht dadurch eine geschichtete Ablagerung, deren Schichten wie die Jahresringe im Holz je einer Inundation entsprechen.

Zwei Tagereisen⁵⁾ SSO. von Massauah ist das Arroh, eine unter dem Meeresspiegel gelegene Depression. Es stellt eine vollkommene Ebene dar, auf der sich Schlammsprudel von wechselnder Lage und Grösse erheben. Zu Ende der beiden Regenzeiten bildet sich hier eine grobkörnige, feste, mehrere Zoll dicke Salzkruste, daneben finden sich Ausblühungen von Zinnober. Das Salz des Arroh bildet den einzigen Staatsschatz Abyssiniens und wird durch Karawanen weithin transportirt.

So lange die grossen Bitterseen auf dem Isthmus von Sues abflusslos waren, bildete sich an ihrem Grunde ein Salzlager, das mehrere Meter mächtig war. Seitdem aber der Suescanal die Bitterseen wieder in Wasseraustausch mit dem Meere gebracht hat, ist das Salzlager vollkommen aufgelöst worden.

An der ganzen Küste des Nildeltas⁶⁾ von Abu Sir bis Scheik Zayed findet sich eine Reihe von Salinen, welche ihren Salzgehalt dem Meerwasser verdanken, das unter dem Einfluss des Wüstenklimas rasch verdunstet und seine Salze abscheidet. Das Salz wird häufig von wandernden Dünen überschüttet. Wenn der Sand die Salzpflanze nur bis zum Meeresspiegel anfüllt, so erscheint das Salz nach 1 oder 2 Jahren wieder an der Oberfläche. Wenn aber die verhüllende Sanddecke höher wird, dann bilden sich darin Efflorescenzen von Gyps,

1) VILLE, Annales des Mines, 5. Ser., XV, S. 351.

2) ROHLFS, Petermanns Erg.-Heft, XXV, S. 27.

3) MUNZINGER, Proc. R. Geogr. Soc. 1869, S. 220.

4) HILDEBRANDT, Z. Allg. Erdkunde. Berlin 1875, S. 26.

5) SCHIMPER, Zeitschr. d. Allg. Erdkunde. Berlin 1877, S. 109.

6) SICKENBERGER, Les Salines de la Basse-Egypte 1893.

welche aus 3—5 cm langen Gypskrystallen bestehen und die Form von 1—4 m breiten und 0,5—1 m dicken Blumenkohlköpfen haben.

Seit langem bekannt sind die Seen im abflusslosen Caspi Becken. Der Eltonsee¹⁾ liegt inmitten einer Steppe, deren Boden ebenso wie die abschüssigen Ufer des Sees lehmig ist. Die Sohle des Sees besteht bis auf 2 km vom Ufer aus zähem Schlamm. Der See ist 18 km lang und 14 km breit. In ihn münden einige kleine Flüsse, welche Kochsalz und Magnesiumsalz enthalten. Das Salz bildet sich auf dem Boden. Die Deckschichten bestehen aus krystallinischen Drusen, die Krystalle selbst sind erbsenförmig oder haben rosettenartige oder kubische Form. Unter der Deckschicht befindet sich zwar schon ein ziemlich derbes Kochsalzlager, allein dasselbe ist nicht fest, und zerfällt leicht in kleine Brocken. Die Salzsoole ist in verschiedenen Jahren von sehr verschiedener Zusammensetzung, sie enthält

	im Jahre: 1815	1829	1834	1863
Schwefelsauren Kalk	: 0,036	—	—	0,037
Schwefelsaure Magnesia	: 2,185	5,32	1,66	3,35
Chlormagnesium	: 16,28	19,75	10,54	10,72
Chlorkalium	: —	0,23	0,22	0,035
Chlornatrium	: 7,45	3,88	13,12	11,20.

Das ausgeschiedene Salz, welches gefördert wird, besteht aus zwei Schichten, die untere 2,5 cm, die obere 4—5 cm dick.

Es enthält

	die obere Schicht:	die untere Schicht:
Wasser	: 6,85	3,51
Gyps	: 1,13	1,49
Schwefelsaure Magnesia	: 0,53	0,47
Chlormagnesium	: 3,25	2,17
Chlornatrium	: 87,08	90,50.

Der Fluss Chara Zucha bringt in seinem Wasser jährlich soviel Salz in den See, dass sich eine Salzkruste von 4 cm bilden konnte.

Der Baskuntschaksee am linken Ufer der Wolga ist 16 km lang und 9 km breit. Die Soole des Sees enthält

nach GOEBEL: und NIKITINSKY:

Chlornatrium	: 72,72	73,61
Chlormagnesium	: 20,80	22,32
Chlorcalcium	: 3,40	2,43
Chlorkalium	: 0,76	—
Schwefelsaure Magnesia	: —	0,22
Brommagnesium	: 0,023	—
Schwefelsauren Kalk	: 0,10	0,10.

Man fand in der Mitte des Sees eine Salzschichte von 160 cm Dicke, und 500 m vom Ufer fand man die Mächtigkeit weit über 2 m. Die obersten Schichten enthalten 91 % Chlornatrium, und die den einzelnen Jahrgängen entsprechenden Salzablagerungen sind, wie im Eltonsee, durch lehmige Schichten voneinander getrennt. Man kann sehr gut acht solcher Schichten unterscheiden, dann aber nimmt die Ver-

1) CECH, Jahrb. K. Geol. Reichsanstalt. Wien 1878, S. 621.

dichtung des Salzes zu. Mit der nach der Tiefe gehenden Verdichtung ändert sich die Krystallisation des Salzes. In den oberen Schichten besteht das Salz aus kleinen Krystallaggregaten, in den tieferen Schichten hingegen bemerkt man dichtere Krystallisation und grössere Reinheit des Salzes. Die zweite Schicht enthält bereits 95,4 % ClNa. Die vierte 97,2 %, die achte aus regelmässigen Salzwürfeln bestehende Schicht enthält 97,82 % ClNa. Darunter liegt die 1,5 dicke Granatschicht, welche aus derben kubischen Krystallen besteht, zwischen denen etwas Schlamm liegt. Sie enthält 98,7 % Chlornatrium und ihr Salz ist vollkommen durchsichtig.

Die Lauge dringt durch das ganze Salzlager und während im Frühjahr durch fallende Regengüsse die kleinen Salzkristalle gelöst werden dürften, vergrössern sich die bleibenden im Sommer durch Krystallisation, so dass in der Tiefe das Salz immer magnesiaärmer und zugleich reiner und dichter wird.

Von den 27 in der Nähe befindlichen Salzseen sind 17 versandet durch einwandernde Dünen. Das Salz der versandeten See ist gewöhnlich dicht, porös und ohne Schichtung, es ist sehr rein und wird von den Kirgisen als Speisesalz benutzt. Die grosse Reinheit dieses Salzes lässt darauf schliessen, dass in versandeten Seen die Salzausscheidung etwas anders verläuft, als in den schlammigen offenen Seen. Wahrscheinlich bildet sich zuerst eine Salzkruste auf der Sohle, die mit Flugsand überdeckt wird. Unter dieser doppelten Decke können sich grosse reine Kochsalzkristalle ruhig ausscheiden. Das Bittersalz, welches eine geringere Krystallisationsfähigkeit in der verdünnten Soole besitzt, als das aus nahezu gesättigter Lösung sich ausscheidende Kochsalz, wird von der stets zunehmenden Sandschicht aufgesogen und dadurch der See vollkommen trocken gelegt.

In der Umgebung von Astrachan finden sich 104 Seen, die durch einen grossen Wechsel ihres Salzgehaltes ausgezeichnet sind.

Chlornatrium	enthält der Darmin See	: 98,7 %	
"	" Kisten Chak	: 68,1 %	
Schwefelsaure Magnesia	im Nowonajdenoe Ozero	: 12,2 %	sonst 0,5 %
Schwefelsaures Natron	" Schajna See	: 15 %	" 1,5 %
Chlormagnesium	" Choschatin See	: 5 %	" 0,4 %
do.	" Jaristoe See	: 12 %	
Gyps	" Nowootkrytoe Ozero	: 17 %	" 1,0 %

Der Choschatin See schied im Jahre 1849 gar kein Chlormagnesium aus, im Jahre 1851 aber 5 %, und 1856 wieder nur 0,6 %. Auch viele dieser Seen werden vom Flugsand überschüttet und versanden theilweise vollständig.

Wenden wir uns jetzt nach dem Süden des Caspisees, so finden wir in Persien¹⁾ bei Darya in Namak ein Salzlager blendend weiss wie eine Eisdecke. Der Rand besteht 2 km breit aus schlammigem Boden, in dem die Skelette verdursteter Thiere liegen, dann folgt eine Zone erdigen Salzes wie der Rand eines gefrorenen Sumpfes bei Thauwetter. 6—8 km vom Rande folgt reines Salz, in unregelmässig polygonale Stücken von 20—90 cm Grösse zerbrochen. Die 2—3 m dicke Salz-

1) BIDDULPH, Proc. R. Geogr. Soc. London 1891, S. 651.

decke ist so hart, dass man sie kaum mit dem Hammer bearbeiten kann. Diese Salzdecke ist 40 km breit, und wenn der winterliche Schnee darauf fällt, so bildet sich eine 50–80 cm hohe Wasserschicht durch dessen Schmelzen.

Auch TRETZE¹⁾ macht auf die ausgedehnte Versalzung des Bodens in manchen Gegenden Persiens aufmerksam, und führt als Grund derselben das Klima und die Abflusslosigkeit an.

In Rajputana²⁾ am Rande der Nordindischen Wüste liegt der Salzsee von Sambhar, 40 km lang, 10 km breit und 1 m tief, der ein Gebiet von 8000 □ km drainiert. Dünen umgeben ihn allseitig. Während der trockenen Jahreszeit bedeckt seinen Boden ein schwarzer Schlamm, in dem viele kleine Salzkristalle eingebettet sind.

Der Run of Kutch³⁾ in Nordindien ist ein Litoralgebiet, das während des S.-W. Monsuns streckenweise 1 m tief unter Wasser gesetzt wird. Die Landschaft besteht aus 1) Thurr d. h. Sanddünen von 25–130 m Höhe, 2) Put d. h. einer vegetationslosen glatten glänzenden Fläche, 3) Runn, der eigentlichen Salzebene, welche 300 km lang und 100 km breit ist. Das sandig-thonige Sediment ist durch den Salzgehalt immer feucht, aber glatt und vollkommen eben. Die darauf stehenden Wasserlachen bedecken sich während des Winters mit reinen Salzkrusten, die gewöhnlich 10 cm, aber im Sindribecken über 1 m dick sind. Kein lebendes Wesen ist hier zu sehen, als ein verirrter Vogel oder einige wilde Esel. Zwischen den Sanddünen des Thurr finden sich ebene Flächen, in die bisweilen 20 m tiefe Seen eingesenkt sind. Hier leben Füchse, Jakale, Wölfe, Ratten, Schlangen.

In Innerasien sind bekanntlich Salzseen weit verbreitet, doch findet sich in den Salzgebieten der Gobiwüste nicht die geringste Spur⁴⁾ vom Vorhandensein von solchen Steinsalzschiechten, von welchen das Salz ausgelaugt sein könnte. Wo irgend ein Wasserlauf verzögert, oder in einem geschlossenen Becken aufgehalten wird, da bilden sich Salzlagern. Die leicht löslichen Salze wie Soda, Glaubersalz, Kochsalz, schwefelsaure Magnesia, werden dabei an die tiefste Stelle des Beckens befördert; während Gyps überall ausgeschieden wird. An einem See bei Yen-touj-ye scheidet sich das Kochsalz wie eine Eisdecke aus. In den Salzpfannen von Lu-tja-wan bilden sich 10 cm dicke schneeweisse Krusten, die aus chemisch reinem Kieserit bestanden in dem sich nicht einmal eine Spur von Chlornatrium fand.

Am östlichen Ufer des Kuku-nor finden sich Sandhügel, Schotterterrassen und Lössschichten. In den Vertiefungen treten salzige Tümpel zu Tage, welche bisweilen beständig von einer Salzkruste überzogen sind.

In Nordamerika tritt uns wieder der Salzreichtum grosser, abflussloser Wüstenseen entgegen. Der grosse Salzsee von Utah besitzt einen Salzgehalt, der je nach der Jahreszeit 13–22% beträgt. Wo an seinen Ufern⁵⁾ das Wasser sehr flach ist, da krystallisiert Salz aus, und

1) TRETZE, Mitth. Geogr. Ges. Wien 1886, S. 519.

2) HACKET, Rec. Geol. Survey of India, XIII. S. 199.

3) FREERE, Journal Geogr. Soc. London 1870, S. 181.

WYNNE, Mem. Geol. Survey of India, IX, S. 19.

4) LOCZY, Reise des Grafen Szechenyi, I, III, S. 527, 529, 569, 601.

5) GILBERT, Lake Bonneville, S. 257, 223, 225.

RUSSEL passirte 1881 von Grantsville nach Stansbury Island eine 2 km breite Salzdecke. Ich fand bei Terrace das ehemalige Seebett auf meilenweite Erstreckung mit blendendweissem Salz bedeckt, das als ein feines Pulver aus dem grauen Schlamm ausblüht. Im Snake Valley ist ein grosser Salzsumpf, in welchem sich während des Sommers eine 4 cm dicke Schicht von Chlornatrium und Natriumsulphat ausscheidet, doch wird nach stärkerem Regen im Winter ein Theil dieses Absatzes wieder aufgelöst. Der Sevier See bildete im Januar 1880 eine einzige Salzdecke, auf welcher an einzelnen Stellen eine Schicht bitteren Wassers stand. Das Salz war 10—12 cm dick. Das darunter liegende Sediment bestand in der Mitte des Sees von oben nach unten aus:

Natriumsulphat	: 5 cm
Natriumsulphat mit	
Chlornatrium	: 2 "
Natriumsulphat	: 5 "
Grauer Thon mit Holzfasern	: 5 "
Feiner Sand mit Süsswasser-	
conchilien	: 15 "

Am Rande des Sees ergab sich dagegen folgendes Profil:

Chlornatrium	: 1 cm
" mit Natriumsulphat und	
Magnesiumsulphat in freien Krystallen	: 4 "
Feste Kruste von Chlornatrium mit Natriumsulphat	: 2 "
Lockere Krystalle von Chlornatrium mit Magnesiumsulphat	: 4 "
Feinkörniges Chlornatrium mit Magnesiumsulphat	: 2 "
Dunkelgrauer Schlamm	: 60 "

Weit verbreitet sind Salzseen und Salzlager auch in den anderen Wüsten von Nordamerika. Nördlich von van Horn in Westtexas holen die Farmer den für ihr Vieh nöthigen Salzbedarf von einem grossen Salzsee. Die von dort stammenden Stücke bestehen aus einem grobkrySTALLINISCHEN Salzgestein, das seine Entstehung aus einzelnen zusammengebackenen Salzwürfeln leicht erkennen lässt.

b. In den Wüstengürteln sind neben dem Kochsalz besonders Ablagerungen von natürlicher Soda weitverbreitet. Man¹⁾ versteht darunter sowohl Natriumsulphat wie Natriumcarbonat, die oft mit Natriumchlorid verbunden sind.

In Aegypten finden sich 9 Natronseen, deren grösster 10 km lang, 3 km breit und 6 m tief ist. Unter dem umgebenden Wüstensand liegt ein schwarzgrauer Thon, der Gyps und Natriumsalze enthält. Während der trockenen Zeit verdunsten die kleineren Seen und an ihrem Boden bilden sich Salzkrusten. Die grösseren Seen trocknen nie ganz ein, aber an ihrem Grunde wird Salz abgesetzt. Die obere Hälfte dieses Salzlagers, 5 m dick, besteht aus vorwiegend Chlornatrium, während das darunter liegende 5 m dicke Salzlager viel Natriumcarbonat enthält.

In Armenien sind Natronseen in der vulkanischen Region des Ararat bekannt.

In Venezuela bei Merida bildet sich während des Sommers am Boden eines 210 m langen, 106 m breiten, 3 m tiefen Natronsees, der so-

1) CHATARD, Bull. U. S. G. Survey 1887—88, No. 60.

nannte „Urao“, ein aus 80 % Natroncarbonat bestehendes Salz, welches von den Indianern durch Tauchen gewonnen wird.

In Nordamerika sind innerhalb des „Grossen Beckens“ mehrere Natronseen. In Wyoming kennt man 5 zusammenhängende Salzbecken, an deren Boden Schichten von 40—45 % Natronsulphat mit dünnen Thonschichten wechsellagern. In den Donneyseen ist das Sodalager 2—3 m mächtig. In den Dupontseen findet sich ein Salzlager bestehend aus Natroncarbonat und Natronsulphat gemischt mit Kochsalz und Wüstensand. Bei Wilmington bohrte man durch 4 m natürliche Soda am Boden des Sees.

Ähnliche Sedimente zeigen der Monosee in Californien, der Albertsee in Oregon. Salzböden finden sich viel verbreitet in der Blackrockwüste. Owens See in Californien enthält ebenfalls grosse Mengen von natürlicher Soda. Hier beträgt die jährliche Verdunstung etwa 2 m. Die Quelle aller dieser Salzablagerungen ist in den Verwitterungsprodukten der umliegenden Gebirge zu suchen, theilweise vielleicht auch in vulkanischen Exhalationen und Thermen.

Ich glaube wohl, dass die genannten Beispiele, die man leicht vermehren könnte, genügende Beweise für die Anschauung bringen, dass in der Gegenwart die Bildung von Salzlagern eine charakteristische Erscheinung abflussloser Wüstengebiete ist.

9. Am Ufer des grossen Salzsees von Utah und am Boden des Sees findet sich ein gelblichweisser oder silbergrauer Kalksand, den man für Oolith zu halten geneigt ist, und der auch von GILBERT¹⁾ und ROTHPLETZ²⁾ als Oolith beschrieben worden ist. Er besteht nach ROTHPLETZ aus Colonien von *Gleocapsa* und *Gleoteca*. Nach GILBERT bildet er sich am Ufer entlang zwischen dem Jordandelta und dem Blackrock, und an einer Stelle des Pyramid-Lake. Die Körner werden von den Wellen an den Strand geworfen und dort vom Wind zu Dünen aufgeschüttet.

III. Wie wir schon früher betont haben, ist der Wind die vorwiegendste Transportkraft der Wüste und der mit ihnen aufs Engste verknüpften Steppen, daher müssen wir jetzt zum Schluss die unter dem vorwiegenden Einfluss der Deflation gebildeten Ablagerungen noch besprechen. Wenn das fliessende Wasser in der Wüste Blöcke und Kiesel zu bewegen vermag und mächtige Gerölllager bildet, so sind grobkörnige Sedimente für den Wind unangreifbar.

Wenn er auch mit dem Flugsand an allen Felsen und Blöcken schleift und die charakteristischen Corrasionsflächen des Sandschliffes erzeugt, so ist doch der Felsblock selbst für den Wind unbeweglich; der Wind vermag nur Sand und Staub zu tragen. Das thut er aber auch überall in der Wüste, und man kann sagen, dass eigentlich jeder Wüstenwind Staub und Sand führt³⁾.

In der Luft findet eine Separation statt, welche es bewirkt, dass Staub und Sand, ja sogar Sandkörner von verschiedener Grösse, an verschiedenen Orten abgelagert werden. Nur in den Gebirgen, besonders am Fuss von Granitbergen kann man Sandhügel sehen, welche

1) GILBERT, Lake Bonneville, S. 169.

2) ROTHPLETZ, Botanisches Centralblatt 1892, No. 35.

3) SICKENBERGER, Briefl. Mittheilung vom Oktober 1893.

aus Sand, Thonstaub und Glimmerblättchen gemischt sind — in der Regel sind die äolischen Ablagerungen der Wüsten und Steppen von einer einzigen Korngrösse, und nur bei wechselndem Wind lagern sich verschiedene Sedimente übereinander.

10. Wie der Wüstensand vornehmlich aus der Verwitterung von Granit und krystallinischem Schiefer sowohl in Aegypten und Nordamerika, wie in Australien¹⁾, dann auch aus Sandstein und anderen quarzhaltigen Sedimenten entsteht, haben wir früher geschildert. Seine Auflagerungsform unterscheidet sich nicht unwesentlich von derjenigen vieler anderen Sedimente, denn er bedeckt zwar ausgedehnte Gebiete, aber überall in der Form mehr oder weniger dicht nebeneinanderstehender Dünenketten.

Es überwiegt also bei der Ablagerungsfläche des Wüstensandes die geneigte Böschung gegenüber der horizontalen Ebene, und daher zeigen Dünen sandsteine so häufig Diagonalschichtung.

Wir unterscheiden neben den unregelmässig gestalteten Sandhügeln besonders zwei Typen von Sandbergen, die Dünenkette und die Bogendüne. Die erstere besteht aus einem annähernd geradlinigem Sandberg, von oft sehr beträchtlicher Länge. Die Bogendüne hat den Umriss eines Pferdehufes und umschliesst ein tiefes Kesselthal.

Jede Düne hat eine, dem herrschenden Wind zugekehrte unter 5—20° ansteigende Luvseite, die oben in einem oft sehr scharfen Grat zusammenstösst mit der 30—60° steilen Leeseite im Windschatten. Bald stehen die Dünen auf Felsenboden, der zwischen ihnen zu Tage tritt, bald besteht auch ihre Unterlage aus Dünen sand und nirgends ist etwas anderes zu sehen als gleichförmige Sandkörner.

Da die krystallinischen polychromen Gesteine die Hauptquelle des Wüstensandes sind, so wollen wir zuerst die Sandablagerungen am Fusse derartiger Gebirge beschreiben, dann das Wandern der Dünen besprechen und endlich die Sanddünen der verschiedenen Wüsten betrachten.

Au den steilsten Granitbergen der Sinaiwüste (Arabah, Kren Utud) und der Arabischen Wüste (Dj. Gharib) sieht man Sandfelder hoch hinaufdringen in allen Spalten und Thälern. Wie Schneeflecke im Hochgebirge lagert sich überall der Sand mit steiler Böschung auf.

In dem Nubischen Urgebirge²⁾ bilden die Sandwehen eine vielfache grossartige Windfahne, wie sie vielleicht nur einmal in der Welt existirt. Alle Felsen haben, wo der Raum der Fläche es gestattet, einen nach Süden gerichteten Sandanhang von zuweilen 100 m Höhe.

Wenn nun der Sturm über die Wüste dahinbraust, dann hebt er den Sand aus den engsten Spalten und trägt ihn von den höchsten Gebirgen weit hinaus in die Ebene. So denudirt der Wind alle hohen und niedrigen Berge und schüttet, wenn seine Kraft erlahmt, den Sand zu Dünenhügeln auf. Aber jeder neue Sturm bewegt den Sand aufs Neue. Der Dünenkamm scheint zu dampfen, wenn der Wind darüber streicht und zu den Füssen der Dromedare sieht man den Sand in

1) WALLACE, Australia 1893, I, S. 105.

2) EHRENBURG, Abh. Acad. d. Wissensch. Berlin 1827, S. 17.

rasender Eile über den Boden gleiten. Der Wind ist die massgebende Transportkraft für den Wüstensand, und das selten fallende Regenwasser hat nur geringe Bedeutung.

Die Dünen¹⁾ bedecken in der Sahara zwischen der Libyschen Wüste und dem Atlantik etwa den neunten Theil des Landes, und sind am mächtigsten im Norden entwickelt. Sie theilen sich in einzelne Gruppen von denen der Erg am bekanntesten ist, zwischen 20° und 34° N. Br. und 8° Oestl. bis 4° W. Länge. Nach Südwesten setzt sich die Sandregion des Erg in die Dünen von Iguidi fort, im SO. befindet sich die Dünenregion von Edeyen.

Die Oberfläche des Erg wird auf 12 Millionen Hektar geschätzt, doch ist nicht alles von Sand bedeckt, vielmehr dehnen sich zwischen den Dünen sandfreie Stellen von mehreren Kilometern Breite aus. Die Dünen stellen Gebirge und Pässe, Ebenen und Thäler dar. Im Allgemeinen sind die Sandberge nur 150—200 m hoch, bei Ghadames aber erreichen sie eine Höhe von 500 m.

Gewisse Dünengegenden sind mit beweglichen Sandhügeln bedeckt, deren Sand grobkörnig, ungleichmässig, mit mehreren Centimeter grossen Kieseln und Gypskrystallen gemischt ist. Ihre Oberfläche ist unregelmässig, der Sand ist gewöhnlich verkittet durch ein gypskalkhaltiges Cement, das sie oft überrindet.

Die echte Düne aber ist charakterisirt durch die Gleichmässigkeit und regelmässige Gestalt ihrer Sandkörner. An der Basis der Düne sind dieselben 2 mm gross, bisweilen hier auch untermenget mit Kieseln, Gypskrystallen, zerbrochenen Conchilien; nach oben werden die Körner kleiner, unter 1 mm Durchmesser, rund und polirt. Im Einzelnen sind die Sandkörner hyalin, oder leicht röthlich gefärbt durch Spuren von Eisensalzen, die der Düne einen blassgoldenen Schein geben.

Die eigentliche Dünenform ist unsymmetrisch, der dem Winde zugekehrte Abhang ist sanft, besteht aus fest zusammengefügttem Sand. Der Kamm ist oft scharf, die Leeseite ist 32—33° geneigt und hier ist der Sand locker. Oft gruppiren sich einzelne Sandhügel zu Sandgebirgen und Dünenketten.

Die Richtung der Dünenkette stimmt nicht überein mit der Richtung der Elementardünen, die erstere ist beständig, die zweite wechselt mit dem Winde. Die Elementardünen sind höchstens 20 m hoch, die Dünengruppen übersteigen 100 m.

Bemerkenswerth ist es dass die Dünengebiete der westlichen Sahara im Zusammenhang stehen mit den Depressionen der Schotts und dem Tiefland von Gourara, so dass hier Sandsteine und Salzgesteine in nächster Nähe beieinander gebildet werden.

Im Süden der Sahara bei Borku finden wir Dünen, deren gekrümmte Form den Namen „Bogendünen“ rechtfertigt: Alle diese isolirten Sanddünen²⁾ haben dieselbe Form, dieselbe Orientirung und dieselbe Höhe. Sie sind selten über 15 m hoch, und bildeten einen nach SW. offenen Halbkreis, der auf der Höhe einen scharfen Kamm hatte. Sie wandern nach den Berichten der Eingeborenen verhältnissmässig schnell.

1) ROLLAND, *Geologie du Sahara algerien* 1890, S. 211.

2) NACHTIGAL, *Sahara und Sudan*, II, S. 68.

Ungemein ausgedehnt ist die Sandregion der Libyschen Wüste. Bei 25° N. Br. und 45° Oestl. L. verwandelt sich die Wüste in ein einziges gelbes undurchdringbares Sandmeer. Soweit das Auge reicht, folgt Dünenkette auf Dünenkette, alle von N. nach S. oder von NNW. nach SSO. streichend. Die Zwischenräume sind mit Sand ausgefüllt, und auch mit niedrigen Hügeln besetzt. Die Dünenketten sind zuweilen 100 m hoch.

Gegenüber der gelben Farbe des Sandes in Nordafrika ist die carminrothe Farbe der Dünen in Innerarabien bemerkenswerth. In der Nefud werden die Bogendünen Fuldjes genannt. Vor allem²⁾ erregt die eigenthümliche, aus weiter Entfernung auffallende Färbung des Sandes das höchste Interesse, es ist wirklich glänzendes Roth, das sich im Morgenthan zu Carmoisin steigert. Die einzelnen Sandkörner sind so gross, dass sie nur schwer vom Winde bewegt werden können. Nicht weniger merkwürdig ist hier die Anordnung des Sandes zu Bogendünen von 7—90 m Höhe und 50—1000 m Länge, die in unregelmässigen Reihen hintereinander angeordnet sind. Die Sandkörner, welche PHILLIPS³⁾ untersuchte, waren 0,5 bis 0,8 mm im Durchmesser und hatten eine zarte Rinde von Eisenoxyd. Manche Körner waren zerbrochen und zeigten an den scharfen Rändern den Beginn erneuter Abrundung.

An manchen Stellen ist der Sand in dem Nefud zu Sandstein verfestigt, zwischen Jehel Aja und dem Nefud⁴⁾ besteht der Boden auf 10 km Breite aus vorwiegend rothem Sandstein, der dem lockeren Sand der Wüste gleicht, aber mit noch größerem Sande gemischt ist.

In den Turanischen Wüsten⁵⁾ sind Flugsandablagerungen weit verbreitet. *Karakum* (d. i. schwarzer Sand) nennt man ein Gebiet, in dem Flugsandhügel mit dürrum Lehm Boden und salzigen Morästen abwechseln. Im Flugsand gedeihen *Ammodendron* und *Eremosparton*, nebst kleinen Wäldchen von *Tamarix*. Auf dem Lehm Boden ist *Haloxylon* am weitesten verbreitet. Die schmutziggelben Sandhügel⁶⁾ bauen sich auf aus den Verwitterungsprodukten der dort anstehenden rothblauen, seltener grünlichbraunen Thone und eischüssiger grauer Sandsteine.

Kisilkum (d. h. rother Sand) ist ein Sandmeer von braunrother Farbe und 40 Meilen Durchmesser, dessen Flugsandhügel den Wogen des Oceans gleichen. Auf den Sandhügeln wachsen bis 4 m hohe Büsche.

Im Ferghanathal⁷⁾ sind wieder Bogendünen (Barchan) weitverbreitet. Die einzelnen Sandhügel erheben sich auf der Luvseite unter einem Winkel von 15° — 20° ganz allmählig, während auf der anderen Seite der Sand unter 60° abfällt. Beiderseits verliert sich die Düne in sanft abfallenden Sandzungen. Durch Stürme kann die Bogendüne leicht wandern. In einer Nacht legte sich ein 8 m hoher und 25 m

1) ZITTEL, Palaeontographica XX, S. 185.

2) BLUNT, Petermanns Mitth., XXVII, S. 215.

EUTING, Verh. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1886, S. 267.

3) PHILLIPS, Quarterly Journal G. Soc. 1882, S. 110.

4) BLUNT, A Pilgrimage to Nedj., II, S. 246.

5) LEHMANN, Petermanns Mitth. 1855, Ref.

6) RADDE, Petermanns Mitth., Bd. XXXIII, S. 238.

7) V. MIDDENHOF, Mém. Acad. St. Petersburg 1881, S. 30.

breiter Sandberg über eine Poststrasse. Der Sand¹⁾ der nordindischen Wüste, der hier weite Strecken überschüttet, besteht aus gerundetem Quarz, Feldspath und Hornblende. Die Sandhügel streichen von NO. nach SW., und die letztere Seite ist die dem Wind entgegentretende flachere Luvseite.

Der Boden²⁾ der eigentlichen Gobi besteht aus grobkörnigem, rothem Sand, dem bisweilen verschiedenes Geröll beigemischt ist. Auf durchaus vegetationslose Flächen stösst man nur selten, dagegen erreicht an vielen Stellen die Grasdecke kaum 30 cm Höhe, so dass sie den rothen Boden nur nothdürftig verhüllt.

Die Sandhügel³⁾ der Gobi wandern von NW. nach SO.

Im Gouvernement Astrachan⁴⁾ sind in 35 Jahren 100 □-Meilen von Tribsand bedeckt worden. Die bucharischen Städte Kelifi, Tschardshui Ildshik, Karakul wurden von Sand verschüttet. Manche Salzseen in Astrachan sind so versandet, dass sie nicht mehr ausgebeutet werden können.

Der chinesische Schamo⁵⁾ ist eine weite Sandwüste. In jenem Theil des Flugsandgebietes, welches nahe am Santaho Flusse liegt, folgen Sümpfe, mit *Iris* übersäte Grasflächen, ja sogar Teiche mit klarem Wasser hart aufeinander. Im März tummeln sich stets dichte Vogelschwärme auf denselben herum, trotzdem dieselben allnächtlieh von einer, mehrere Centimeter dicken Eisdecke überzogen wurden. Die Form und Gruppierung der in der Ebene auftretenden Sandwehen ist unregelmässig. Die Steilwände der Dünen sind nach SO. gerichtet. Die grössten Bogendünen waren 13 m hoch. Der Sand ist verschiedenen Ursprungs; gewöhnlich ist es das kleine und feinere Korn der Steinwüste, welches, von den Sturmwinden weggeblasen, das Material für die Flugsandhügel liefert. In dem auf diese Weise entstandenen Sande finden wir alle jene Gesteine vertreten, die auch im Gerölle der Steinwüste vorkommen; Quarz, Sandstein, Thonschiefer und Kalksteinkörner stehen zueinander in demselben Mengenverhältniss, wie im Kiese der Steinwüste. Die Grösse des Kornes ist verschieden, und im Allgemeinen sind die einzelnen Körner so vollkommen abgerundet, dass man selbst mit der Lupe keine Rauheiten an ihrer Oberfläche wahrzunehmen vermag. Ausserdem ist noch die grosse Reinheit des Sandes hervorzuheben, da in demselben thonige Substanzen bloss in so geringen Mengen vertreten sind, dass der über ein weisses Papier gestreute Sand auf demselben kaum eine Spur von etwas Staub zurücklässt. Auch an den Flussufern des San-ta-ho und Su-la-ho bilden sich Sanddünen, endlich liefert in Kansu der Sandstein durch Verwitterung eine, weniger verbreitete, Abart des Flugsandes, die mitunter eine Korngrösse von 5 cm überschreitet. Stellenweise sind die Hügel nichts anderes, als zerfallene und vom Winde angenagte Sandsteinhügel.

In Nordamerika sind ebenfalls Sanddünen weitverbreitet, doch spielen sie nur in einigen Gebieten der Mojavewüste eine grössere Rolle in den recenten Alluvionen.

1) BLANFORD, Record. Geol. Surv. of India, X, S. 21.

2) PRSCHEWALSKY, Petermanns Mitth., XVIII, S. 11.

3) FORSYTH, Proc. Geogr. Soc. London 1877, S. 39.

4) Nach ABRAMOW, s. Ausland 1887, S. 125.

5) LOCZY, Reise des Grafen Szechenyi, I, III, S. 506—508, 521.

Der Wüstengürtel der Südhalbkugel ist wegen der Verschmälern der Kontinente weniger deutlich ausgeprägt, doch sind Dünen aus Südafrika mehrfach beschrieben: Der Sand¹⁾, welcher bis unmittelbar an die Küste von Angra Pequena in den Thälern zwischen den Gneissbergen, sowie weiter landeinwärts bis | Aus sich findet, in beiden Orten aber mehr eine gröbere Beschaffenheit besitzt, ist nichts anderes, als das Zersetzungsprodukt des Gneisses. Dünne Schalen springen ab, zerfallen in immer feineren Sand, und alle Mineralien des Gneisses lassen sich darin noch deutlich erkennen. PECHUEL-LOESCHE²⁾ beschreibt Dünen aus dem Hererolande, und bespricht ihre Veränderungen.

Der Dünenand³⁾ an der S.-W. Küste Afrikas scheint aus der Zerstörung des anstehenden Gesteins zu entstehen, denn mitten in dem weissgelben, fast nur aus Quarzkörnern bestehenden Sande, kommen einzelne Flecken von rothem oder schwarzem Sande vor. Ersterer besteht überwiegend aus Eisenkiesel, letzterer aus Magneteisenkörnern von Scheibepulvergrösse. Der schwere Sand nimmt immer die Kämme, der leichtere die Vertiefungen der Rippelmarken ein. Mitten zwischen diese Dünen findet man auch Flecken von Kaliglimmer den Boden bedecken.

In den Australischen Wüsten sind röthliche Sandhügel⁴⁾ vom Ufer des Lake Eyre und anderen Gebieten beschrieben worden.

In der Pampa grande⁵⁾ von Chile finden sich, 600 m über dem Meere, grosse sichelförmige Bogendünen, welche zu Tausenden die Ebene bedecken. Die Spannung der Sieheln beträgt 15–50 m, die Höhe der Sandberge 2–5 m. Auf der äusseren Seite ist der Abfall gering, auf der concaven aber 15–80°.

Ein besonderes Interesse⁶⁾ erwecken die in der Nordwestecke der Provinz Catamarca von Argentinien, und auf den Hochebenen von Antofagasta auftretenden oft mehrere 100 m mächtigen Flugsandablagerungen, welche oft grosse Strecken des über 4000 m hohen Plateaus bedecken. STELZNER und LORENTZ sprechen geradezu von Sandgletschern. Es wechseln auf dem fast vegetationslosen Gebiete grössere Flächen von Kieswüste und von Flugsandablagerungen.

Wir haben gezeigt, dass Sandablagerungen zu den charakteristischen Merkmalen des Wüstengürtels gehören, dass diese Sande von gelblicher, oder rother Farbe sind, dass sie bald flache Ebenen überdecken, bald zu 100 m hohen steilen Dünenzügen aufgeschüttet sind. Die Oberfläche aller dieser Sande zeigt oft charakteristische Spuren und Skulpturen. Am verbreitesten sind die Rippelmarken, jene 2–80 cm breiten und 1–10 cm hohen Rippen, die sich verzweigen, und in immer wieder parallelem Verlaufe ungemein häufig beobachtet werden. Bald sind sie scharfkantig, bald von rundlichem Querschnitt, bald bilden sie Systeme langer Kämme, bald scheinen sie aus kurzen rundlichen Vertiefungen herauszuwachsen. Von den Kämmen zweigen sich in

1) SCHENK, Petermanns Mitth., XXX, S. 133.

2) PECHUEL-LOESCHE, Anshand 1886, S. 823.

3) STAPPE, Petermanns Mitth., Bd. XXXIII, S. 206. Verh. d. Ver. für Erdkunde. Berlin 1887, S. 52.

4) CHEWINGS, Beiträge zur Kenntniss der Geologie Süd- und Centralaustralien. Diss. Heidelberg 1894, S. 10.

5) MEYER, Reise der Prinzessin Luise, II, S. 43.

6) BRACKEBUSCH, Petermanns Mitth. 1893, Heft 7, S. 155.

kürzeren oder längeren Abständen Gabeläste ab, die sich umbiegen und dem Hauptstamme parallel weiterlaufen. Oftmals sieht man, dass die schweren Sandkörner die Kämme, die leichteren Sande die Furchen bedecken. Immer verlaufen sie senkrecht zur Windrichtung, und mit wechselndem Winde gruppieren sie sich sofort nach der neuen Richtung. Ihre Breite ¹⁾ und Höhe ist gesetzmässig abhängig von der Korngrösse des Sandes, und der Stärke des Windes.

Wenn in der Sandwüste ein vorübergehender Platzregen herniederfällt, dann erzeugen die kleinen Regentropfen ein kleines kugeliges Knötchen im Sande, das wie ein Schrotkorn plastisch hervortritt. Grössere und schwerere Tropfen aber schlagen eine halbkugelige Vertiefung mit oft zackigem Rande in den Sand hinein.

Auch Organismen hinterlassen mancherlei Spuren im Sande. Hier sieht man die Spur einer Gazelle, die in 3 m langen Sätzen den Karawanenpfad gekreuzt hat, dort die Schlangenlinie einer Sandvieper. Füchse, Spingmäuse, Vögel, Eidechsen, Käfer, Spinnen, alles hat seine charakteristische Spur, und wenn man des Morgens beim Erwachen Lederzeug angefressen, Nahrungsmittel gestohlen findet, so verräth die Spur der Hyäne oder des Fenneks, welcher Art die Diebe waren. Noch mannigfaltiger werden die Spuren, wenn man sich dem Meeresstrande nähert. Krabben und Einsiedlerkrebse, Möven und Wandervögel kann man kilometer- und stundenweit vom Meere noch erkennen; mitgeschleppte Schneckenschalen oder Fischknochen kommen ebenfalls vor.

Versteinerte Wurzeln ²⁾ von *Tamarix gallica* fand VOGEL in grosser Menge in den Sandhügeln zwischen Mursuk und Mafun.

11. Sehr bemerkenswerth ist es endlich, dass auch marin entstandener Kalkoolith in Menge 4 km vom Strande mitten in die Wüste hineingetrieben wird. Am Rande des Rothen Meeres bildet sich der Oolithsand, wird zu 1 m hohen Dünen an der Küste aufgehäuft, und von hier aus in die Wüste transportirt, der er genetisch überaus fremd ist.

12. Wir haben gezeigt, dass der Wüstensand dadurch entsteht, dass ein Gemisch von Sand, Thon und anderen feinkörnigen Bestandtheilen durch den Wind gereinigt wird. Während die Sandkörner bald schon liegen bleiben, trägt der Wind alles Leichtere in weite Ferne. Diese Staubmassen kommen endlich auch zur Ruhe und werden da abgelagert, wo die Kraft des Windes erlahmt, oder wo der Boden den Staub auffängt. Infolge davon ist Wüstensand und Steppenstaub geographisch und lithogenetisch aufs Engste verknüpft. Am Rande ³⁾ der Wüsten ist die Luft oft selbst bei vollkommener Windstille gelb und undurchsichtig, sobald aber sich der Wüstenwind erhebt, dann überzieht sich die ganze Landschaft mit einem undurchdringlichen Schleier. In Khotan sah JOHNSON bei Windstille die ganze Luft so dick mit Staub erfüllt, dass er gegen Mittag Licht anzünden musste, um grossen Druck zu lesen. Der niederfallende Staub war ausserordentlich

1) HUNT, Proc. R. Soc. London 1882, S. 1.

DARWIN, das. 1883, S. 18.

2) PETERMANN'S Mith. 1856, S. 169.

3) v. RICHTHOFEN, China, I, S. 97.

feinkörnig, von heller Farbe und gleich zu Pulver geriebenem Thon. In Yarkand¹⁾ ist die Luft niemals klar, sondern immer voll Staub.

Während bei der Ablagerung dieses Staubes ein Theil auf bewachsenen Boden fällt, von der Vegetation zurückgehalten wird, und die Oberfläche erhöht, lagert sich ein anderer an Stellen ab, wo ihn der nächste Regen abspült, und entweder auch wieder auf die Steppe vertheilt, oder durch die Bäche den abflusslosen Salzseen zuführt; ein dritter Theil setzt sich auf der Wüste oder auf Felsen ab, von wo ihn der nächste Wind wieder wegnimmt. Daher wird das endgiltige Ablagerungsgebiet des Staubes stets der Salzsee oder die bewachsene Steppe sein. In dieser räumlichen Gebundenheit liegt die grosse geologische Rolle des atmosphärischen Staubes der Steppenländer, da sie es ihm gestatten, sich zu einem mächtigen selbständigen geologischen Gebilde anzuheufen.

Voraussetzung dafür ist freilich eine ausgedehnte abflusslose Ländermasse. Denn wenn grosse Flüsse das Gebiet durchströmen, oder wenn es durch grosse Küstengliederung überall dem Meere nahe ist, dann muss der Staub nach und nach dem Meere zugeführt werden.

Dass in manchen Gegenden²⁾ Chinas das Anwachsen des Staubes zu Löss auch heute noch vor sich geht, wird auf das Unzweifelhafteste durch das gänzliche Fehlen des Humus bewiesen.

Während der Staub am Boden der Salzseen in deutlichen Schichten abgelagert wird, bildet sich auf dem bewachsenen Steppboden der Löss als ungeschichtete Ablagerung.

Der Löss von China ist von braungelber Farbe; er ist so feinerdig, dass man ihn fast ganz in die Poren der Haut einreiben kann, es bleiben dann nur noch einige feine Sandkörnchen zurück. An jedem, auch dem kleinsten Stückchen Löss lässt sich eine bestimmte Textur erkennen, die darin besteht, dass die Erde von kleinen und größeren Röhren durchzogen ist, welche sich nach der Art der Pflanzenwurzeln verzweigen und meist mit einer dünnen Rinde von kohlensaurem Kalk bekleidet sind.

Die meisten dieser Kanäle sind nahezu senkrecht und verzweigen sich nach unten in sehr spitzen Winkeln.

Der Löss tritt meist in einzelnen Becken auf, von deren Rande Schutt und Geröll in auskeilenden Schichten nach dem Mittelpunkt des Lössbeckens eindringen.

In seiner vertikalen Verbreitung ist der Löss unabhängig von der Meereshöhe. Ueber klippigen Felsen schafft der Löss sanfte Muldentäler mit leicht geschwungener Oberfläche. Das Auge schweift über eine ganz allmähliche Abdachung, von höchstens 2% Neigung. Die Ketten der Gebirge ragen, Inseln gleich, aus dem Steppengebiet empor. Mit den Lössflächen wechseln Kieswüsten, Flugsandhügel, ja sogar sumpfige Quellen und Natronböden in den Niederungen des San-ta-ho ab.

Durch Diagenese entstehen im Löss die sonderbar gestalteten Kalkconcretionen, die als Lössmännchen wohlbekannt sind. Dieselben haben meist eine knollige, verästelte Form und sind 0,5—30 cm gross.

1) STOLITZKA, Verh. Geol. R.-Anstalt. Wien 1874, S. 120.

2) LOCZY, Reise des Grafen Szechenyi, S. 421.

Zuweilen sind diese Knauern in ungeheurer Masse zusammengedrängt, selten fehlen sie ganz.

Landschnecken und Säugethierknochen sind diffus im Löss vertheilt, während die Lössmännchen in nahezu horizontalen Schichten angeordnet sind und dadurch den ungeschichteten Löss in einzelne Bänke durch angedeutete Schichtung gliedern. Der Abstand dieser Knauern zonen beträgt 1—150 m.

Ein interessantes Beispiel für den Facieswechsel in der Wüste bildet die Depression bei Yuma, welche 1891 vom Colorado erfüllt wurde. Bei Salton¹⁾ wurde ein riesiges Salzlager technisch ausgebeutet, das durch Verdunsten salzhaltiger Gewässer in der Depression entstanden war. 1891 zweigte sich vom Colorado ein Seitenarm ab, und ergoss sich mit grosser Gewalt in die salzbedeckte Niederung. Der Boden des Gebietes war eben wie eine Diele, mit einer Salzkruste bedeckt und an einzelnen Stellen mit hohen Sanddünen überschüttet. Der Colorado durchschnitt die Dünen, grub sich ein tiefes Bett in den weichen Boden und erodirte denselben so heftig, dass ein Wasserfall innerhalb einer Nacht fast um 1 km rückwärts verlagert wurde. Von 120 m hohen Dünen stürzten 300 m lange Stücke ab, und wurden von den Fluthen fortgerissen.

Die dadurch gebildete Wasserfläche verdunstete allmähig, als 1893 infolge starker Schneefälle der Colorado wieder anschwell und abermals die Depression überfluthete. Es bildete sich ein 60 km langer Stromarm und eine Lagune von 260 □ km Fläche, deren Wassermasse sich voraussichtlich mit dem Saltonsee wieder vereinigen wird.

13. Während die den Wüsten nahe gelegenen Steppen durch gelben, humusfreien Löss ausgezeichnet sind, kann unter einem Klima, dass die Entwicklung reichlicher Vegetation erlaubt der Löss und der sandige Lehm so viel Humus enthalten, dass er eine grane oder schwarze Farbe annimmt. Solche Verhältnisse treffen wir in Südrussland an, wo eine, Tschernosjom oder Schwarzerde genannte, Bodenart weit verbreitet ist.

Ueber die Bildung dieser schwarzen Erde existirt eine grosse Literatur und mehrere Hypothesen sind zu ihrer Erklärung aufgestellt worden, von denen diejenige wohl am meisten Anhänger zählt, welche in ihr eine äolische Bildung sieht.

14. Auf der südlichen Halbkugel begegnen wir in den Pampas von Südamerika ganz ähnlichen Ablagerungen. Das Gebiet der Pampas²⁾ ist eine durchaus gleichförmige Ebene, ohne alle erhebliche Unebenheiten. Das Gras besteht aus ziemlich gleichmässig vertheilten Büscheln, zwischen denen der Boden kahl und unbewachsen bleibt.

Ganz öde kahle Strecken kommen nur da vor, wo der Boden so stark mit Salz getränkt ist, dass es ihn als weisse Kruste überzieht. Einzelne Seen sind, mit grünem Schilf bekleidet, über die ganze Pampas zerstreut.

Die obere Decke der Pampas³⁾ ist eine 1—3 m tiefe, mehr oder weniger dunkle, mergelige und feinsandig lehmige Schicht mit Orga-

1) REDWAY, Proc. Geol. Soc. London 1892, S. 309.

PATTON, Ref. Globus 1891, 1893, S. 167.

2) BURMEISTER, Zeitschr. f. Allg. Erdkunde. Berlin 1857, S. 75.

3) NIEDERLEIN, Zeitschr. der Ges. für Erdkunde. Berlin 1883, S. 305.

nismenresten. Oben bis 0,5 m Tiefe bildet sie meist einen reichen schwarzen Humusboden (dem Tschernosjom oder dem Magdeburger Rübenboden entsprechend) darunter findet sich ein humos-sandiger Lehm. Weiter unten folgt ein zäher, an der Luft erhärtender diluvialer Thonmergel mit eingelagerten gigantischen Säugethierknochen. Darunter liegt auf krystallinischen Gesteinen ein rother plastischer Thon.

Die Diagenese von Wüstenablagerungen vollzieht sich, wie solches OCHSENIUS¹⁾ betont, vielfach unter dem Einfluss des Wüstensalzes.

Ein interessantes Beispiel natürlicher Cementbildung beschreibt SICKENBERGER²⁾ vom Mokkatam. Hier sind Quarzsande durch Kalkcarbonat zu sinterartigen Krusten, Kugeln und traubenförmigen Gebilden verkittet und nach SICKENBERGER scheint der Kalkstaub durch die intensive Sonnenwärme etwas Kohlensäure zu verlieren, auf die amorphe Kieselsäure zu wirken und zu kieselsanren Kalk verwandelt zu werden. Chlornatrium und Magnesia scheint bei dieser Umsetzung eine bestimmende Rolle zu spielen.

Der wesentliche lithogenetische Faktor des Wüstengürtels ist die Deflation. Sie bestimmt die Charaktere der Denudationsflächen und die Art der Ablagerungen von mechanischem Ursprung.

Die Erosion kommt erst in zweiter Linie und wirkt mehr regional als linear. Die Ablagerungen bestehen aus scharfkantigem Schutt, Geröll, die bald durch Wasser, bald durch den Sand gerundet sind, oder auch durch Insolation mit frischen Bruchflächen versehen wurden. Ausgedehnte Regionen werden mit Sanddünen und Lösslagern bedeckt, jene halten sich mehr an die Mitte, diese an den Rand der Wüstenzone. Da die Wüste abflusslos ist und fast alles Wasser darin verdampft, so scheiden sich selbst aus schwachen Lösungen im Laufe der Zeit ausgedehnte chemische Sedimente ab.

Den Auflagerungsflächen entsprechend, finden wir regelmässige, unregelmässige und diagonale Schichtung, der Löss ist oft ungeschichtet.

Die Sedimente zeichnen sich durch reine, helle Töne aus, gelb, roth, braungelb, weiss sind die herrschenden Farben.

Organische Ablagerungen sind überaus selten, und selbst in den mechanischen und chemischen Sedimenten fehlen meist organische Reste.

1) OCHSENIUS, Jahresber. d. Ver. für Naturkunde zu Kassel 1890.

2) SICKENBERGER, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1889, S. 312.

19. Das Tropenland.

Während die bisher geschilderten Klimazonen und Faciesbezirke in doppelten Gürteln sowohl auf der nördlichen wie auf der südlichen Halbkugel auftreten, ist das Tropenland eine einheitliche breite Zone, die sich um den Aequator schlingt, und nach Norden und Süden durch die Wendekreise begrenzt wird. Freilich ist diese Grenze keineswegs so scharf oder so geradlinig wie ein Breitengrad, sondern je nach dem topographischen Relief der Landschaft und nach der Vertheilung der Festländer verändert sie ihre Lage, so dass sie eine vielgebogene Linie darstellt.

Das Tropenklima¹⁾ hat in Bezug auf alle wichtigen meteorologischen Erscheinungen einen sehr einheitlichen Charakter. Dies wird umso bemerkenswerther, wenn man erwägt, dass sie 40% der ganzen Erdoberfläche umfasst. Die Mehrzahl der klimatischen Vorgänge kehren in periodischem Wechsel regelmässig wieder und die unperiodischen Erscheinungen treten zurück. Die Unbeständigkeit der Witterung ist hier unbekannt.

Da die Sonne Mittags nahe dem Zenith steht, ist die Temperatur eine sehr hohe, und der bei Tage bis zu 84,6° C. erwärmte Erdboden kühlt sich bei Nacht zwar wieder sehr ab, aber die hierbei ausgestrahlte Wärme kommt der Lufttemperatur zu Gute, so dass die tägliche Wärmeschwankung derselben meist nur 5—10° beträgt, und selbst die Unterschiede zwischen der höchsten und tiefsten Lufttemperatur des Jahres nur 10—16° betragen. Während die gleichmässige Lufttemperatur allen stenothermen Pflanzen und Thieren günstig ist, und jene reiche Entfaltung des tropischen Geobios bedingt, veranlassen die beträchtlichen Unterschiede der Bodentemperatur eine sehr intensive physikalische Verwitterung.

Die Intensität des Sonnenlichtes übertrifft die Belichtung ausser-tropischer Gegenden um ein Bedeutendes und begünstigt die Assimilation in solchem Maasse, dass auch hierdurch das Tropenland zu dem vegetationsreichsten Gebiete der Erde wird.

Sobald der heftige Tropenregen aufhört, beginnt die Verdunstung des gefallen Wassers. DARWIN beobachtete in Rio de Janeiro, dass in der ganzen Ausdehnung der Wälder nach dem Regen alle Berge in einer Höhe von 30 m in dichten weissen Dampf gehüllt waren, welcher wie Rauchsäulen aus den dichtest bewaldeten Theilen und besonders

1) HANN, Handbuch der Klimatologie.

aus den Thälern aufstieg. Wahrscheinlich ist dies eine Folge der grossen Fläche von Laub, welche vorher von den Strahlen der Sonne erhitzt war. Die Luftfeuchtigkeit steigt in den Tropen bis auf 4 Volumprocente; kein Wunder, dass daher die Niederschläge sehr heftig und bedeutend sind.

Fast überall im Tropenland kann man eine, oder zwei besondere Regenzeiten unterscheiden, während in dem übrigen Theil des Jahres eine durch Dürre charakterisirte Trockenheit herrscht. Dieser konstante Wechsel von reichlichen Niederschlägen und fast regenlosem Klima bedingt gewisse diagenetische Erscheinungen, die wir noch zu schildern haben. Die absolute und relative Regenmenge ist eine sehr hohe. Die jährlichen Niederschläge¹⁾ sind 3570 mm in Paranaiciaba, 3190 mm in Sierra Leone, 4670 mm auf Java, und 6570 mm in Mahrableschwar (Indien).

Sehr charakteristisch für die tropische Regenzeit ist die Bildung von Gewittern. Im Anfang²⁾ und in der Mitte der Regenzeit findet in Kuka kein Schauer ohne Gewitter statt, und manchmal ist der ganze Himmel Tage lang Feuer und Flamme. In Centralafrika³⁾ beobachtet man in der vollen Regenzeit fast ohne Unterbrechung ein entferntes dumpfes Rollen des Donners, und Nachts war der Himmel ringsum von unausgesetztem Aufleuchten erhellt. Die Gewitter setzten täglich mit grosser Genauigkeit und Stärke gegen 4 Uhr Nachmittags ein.

Unter 75 Tagen beobachtete HARTMANN⁴⁾ in Sennar 50 Gewittertage.

An der Küste von Loango⁵⁾ kann man geradezu eine gewitterreiche Regenzeit und eine gewitterfreie Trockenzeit unterscheiden; denn die, während der letzten Periode vorkommenden Platzregen sind nicht von Gewittern begleitet. Bei Gewittern folgen bis zu 297 Blitze in 5 Minuten, daher darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn die Luft sogar einen bemerkenswerthen Geruch nach Ozon und salpetriger Säure erkennen lässt.

Wahrscheinlich hängt die Bildung rother Verwitterungsprodukte damit zusammen.

In Caracas⁶⁾ wurden 1883—85 über 100 Proben von Regenwasser auf ihren Gehalt an Salpetersäure untersucht. Es ergab sich, dass im Durchschnitt 2 mgr Salpetersäure in einem Liter Wasser, einmal sogar 16,25 mgr beobachtet wurden.

Trockene Stürme kommen in den Tropen in der Trockenzeit vor; in dem vermittelnden Gebiet zwischen dem Wüstengürtel und dem Tropenland spielen sie als Transportkraft eine bemerkenswerthe Rolle.

Die Verwitterung im Tropenland ist eine ungemein starke. Die grossen Temperaturdifferenzen, die bedeutenden Niederschläge und die reiche Vegetation arbeiten zusammen um auf physikalischem, chemischem und organischem Wege die Gesteine zu zersetzen. Die meist

1) WOEIKOFF, Klimate der Erde, I, S. 384.

2) ROHLFS, Petermanns Erg.-Heft 25, S. 56.

3) WISSMANN, Unter deutscher Flagge quer durch Afrika 1889, S. 67.

4) HARTMANN, Zeitschr. d. Allg. Erdkunde. Berlin 1863, I, S. 7.

5) PECHUEL-LOESCHE, Loangoexpedition, III, 1., S. 53, 84, 91.

6) MUNTZ & MARCANO, Meteorolog. Zeitschrift 1889, S. 435.

sehr dichte Vegetationsdecke schützt die Verwitterungsprodukte vor den Transportkräften und erzeugt dadurch das, als cumulative Verwitterung bekannte, Phänomen. Während in den bisher beschriebenen Faciesbezirken als Verwitterungsprodukt eisenhaltiger Gesteine ein gelb oder braun gefärbter Lehm entsteht, bildet sich in den Tropen eine roth gefärbte Masse, die man wegen ihrer ziegelrothen Farbe und weil sie gelegentlich auch zur Backsteinfabrikation benutzt wird, als Laterit bezeichnet hat. Der Name wurde im Jahre 1807 von BUCHANAN¹⁾ für Vorkommnisse in Südindien gegeben, und wir müssen daran festhalten, dass die dortigen Laterite als die Originalgesteine zu betrachten sind, und dass ihre Eigenschaften massgebend sind für die Charakteristik und Diagnose dessen, was man als Laterit bezeichnen darf. Weder die Eisenconcretionen, noch das zellige Gefüge, weder die Lagerung noch das Alter ist wesentlich für die Bestimmung eines Laterits, sondern Laterit ist ein durch Eisenoxyd roth gefärbtes Verwitterungsprodukt.

Wie bei allen Verwitterungsprodukten kann man, solange dieselben noch über und neben ihrem Muttergestein liegen, solange sie auf erster Lagerstätte sind, auch genau feststellen, aus welchem Gestein sie durch Verwitterung entstanden waren. In solchen Fällen kann man das Wort Laterit als Ergänzung des petrographischen Namens brauchen und von einem Granitlaterit, Gneisslaterit, Basaltlaterit, Sandsteinlaterit sprechen, oder diese hängenden Verwitterungsgesteine als lateritisirten Granit etc. bezeichnen.

Schwieriger wird es aber, wenn das Verwitterungsprodukt von seinem Muttergestein durch Denudation entfernt und an einem anderen Ort abgelagert worden ist. In solchen Fällen wird es oft unmöglich das Muttergestein mit Sicherheit zu bestimmen, und dann empfiehlt es sich, wie es die ostindischen Geologen²⁾ schon lange thun, das Wort Laterit für alle rothgefärbten Alluvionen anzuwenden, mögen sie in einem Flussthal, auf einer Steppe, oder im Litoralgebiet abgelagert worden sein.

Mit FOOTE³⁾ unterscheiden wir also 1) Plateaulaterit, das ursprüngliche Verwitterungsprodukt auf erster Lagerstätte und davon abgeleitet, 2) Terrassenlaterit, 3) Thallaterit, 4) Seelaterit und fügen dazu noch 5) den Dünenlaterit (Teraisand) an den Küsten und den Meereslaterit, in den Deltas tropischer Flüsse und im Gebiet des Continentalschlammes, auch Rothschlamm (red mud) genannt, den wir im Abschnitt „Flachsee“ schildern werden.

1) der Laterit auf erster Lagerstätte, Plateaulaterit nach FOOTE, findet sich im ganzen Tropenland, und bisweilen auch ausserhalb der Wendekreise. So hat ihn PECHUEL-LOESCHE vom Capland beschrieben, St. Hunt von Nordamerika⁴⁾, und in der Nähe von Baltimore sah ich Aufschlüsse an der Eisenbahn, die allem Anschein nach

1) FRANCIS BUCHANAN, Journey from Madras through Mysore, Canara and Malabar 1807, II, S. 440. (later der Ziegelstein.)

BUCHANAN HAMILTON, Mem. Geol. Survey of India, I, S. 285.

FOOTE, Mem. Geol. Survey of India, XII, S. 201, 1876.

2) BLANFORD & MEDLICOTT, Geology of India 1879.

3) Mem. Geol. Survey of India, XXIV, 1890, 3. Geology of S. Malabar, S. 3.

4) St. HUNT, Americ. Journal 1874, S. 60.

lateritische Verwitterung zeigten. Laterit ¹⁾ findet sich an der Küste von Pt. de Galle wie 2000 m hoch bei Dardschiling im Himalaja, und auf dem 2500 m hohen Petrotallagalla auf Ceylon. Der Eisengehalt des verwitternden Gesteins ist die Quelle für den Eisenreichthum des Verwitterungsproduktes. Deshalb ist der Laterit im Allgemeinen um so röther, je dunkler das Muttergestein war. Wenn eisenreiche und eisenarme Gesteine mit einander wechsellagern, so zeigt auch das verwitterte Lateritprodukt dunkelrothe und hellrothe, sogar auch gelbe Schichten in entsprechender Wechsellagerung. Der Glimmerschiefer am Nordabhang von Dardschiling gegen das Thal des Rundscheet hinab, der fast aus reinem Glimmer besteht, verwittert zu einem graugelben Pulver, während 600 m höher im Churchhill Park ein, aus dunkleren und helleren Gneissbänken bestehendes Gestein zu einem, aus abwechselnd roth, grüngelb und braungefärbten Schichten bestehenden Laterit zersetzt wird. Wie wir noch zu zeigen haben, sprechen manche Beobachtungen dafür, dass das Eisen in den Lateriten vielfach wandert, sich an der Oberfläche oder in Concretionen anreichert und dadurch die ursprünglichen Zustände verhüllt.

Für die Beurtheilung lateritischer Verwitterungsvorgänge genügt es nicht nur, die verschiedenen Verwitterungsstadien zwischen dem gesunden Gestein in der Tiefe und der am meisten umgewandelten Oberflächenschicht zu vergleichen, sondern Voraussetzung ist, dass die ganze zersetzte Gesteinsmasse von unten bis oben einst dieselbe petrographische Beschaffenheit gehabt habe. Ein gutes Beispiel dieser Art bietet der Dekhantrapp (Basalt) wie er in der Umgebung von Bombay vielfach aufgeschlossen ist. Das blauschwarze, muschelig brechende, Gestein wird von feinen Spalten durchsetzt, längs deren die Anfänge der Lateritisirung leicht zu erkennen sind. Zuerst bildet sich ein schwach bräunlich gefärbter Saum, der sich durch seine hellere Farbe deutlich von dem dunklen Trapp abhebt, ohne dass er eine wesentlich geringere Härte besäße. Die Verwitterungszone wird immer entschiedener dunkelbraun, und damit vermindert sich die Härte, allmählig erhält sie eine braunrothe Farbe, wird weich und zerreiblich und von ordlicher Beschaffenheit. Dass diese Art der Verwitterung eine spezifische Festlandserscheinung ist, kann man leicht beobachten, wenn man die am nahen Strande anstehenden Trappfelsen vergleicht und dort zwar stark zersetzte, aber keineswegs braunroth verwitterte Felsen bemerkt. Der gelbbraune, nach oben braunroth werdende Trapplaterit erreicht an manchen Aufschlüssen bei Worli eine Tiefe von 10 m und wird überlagert von dem Endprodukt der Lateritisirung, einer etwa 1 m mächtigen breccienartigen Eisenschicht. Dieselbe scheint aus 1—2 cm grossen eckigen dunkelbraunen Eisenstückchen zu bestehen, die durch grosse Hitze aneinander geschmolzen sind — aber in Wirklichkeit ist es ein eisenreiches zelliges härteres Gerüst, aus dessen Zwischenräumen die weiche Thon- und Sandmassen herausgewaschen wurden.

Bemerkenswerth ist es, dass die Tuffe, welche mit den Trappdecken bei Bombay wechsellagern, nicht in Laterit verwandelt, sondern

1) J. WALTHER, Verh. d. Ges. für Erdkunde. Berlin 1889, No. 7, S. 2.

in eine olivgrüne oder gelbbraune Masse zersetzt wurden, auf deren Klüften dunkelbraune Eisenmangananflüge zu erkennen sind.

Wenden wir uns jetzt den Gneiss- und Granitgebieten Südindiens und Ceylons zu, so finden wir hier Laterit als Verwitterungsdecke weit verbreitet. v. RICHTHOFEN¹⁾ führt die hohe Fruchtbarkeit Ceylons auf den Lateritboden zurück und beschreibt die dortigen Vorkommnisse genau. An günstigen Aufschlüssen²⁾ kann man 15 m tief die Gneiss-laterite beobachten und an frischen Eisenbahndurchschnitten (z. B. bei Mt. Lavinia) die übereinanderfolgenden Zersetzungsstadien deutlich verfolgen. Freilich lässt sich bei der vorherrschend horizontalen Lagerung der Gneiss-schichten nicht mit aller Entschiedenheit behaupten, dass die übereinander liegenden Zonen ursprünglich alle dieselbe Beschaffenheit hatten, doch ist solches sehr wahrscheinlich. Bei Mt. Lavinia finden wir folgendes Profil:

Oberfläche: Zelliger eisenreicher Laterit von carminrother und brauner Farbe. Zwischen einem Netzwerk von hartem eisenschüssigen Material liegt weicher zerreiblicher Ocker, der von dem Regen leicht herausgewaschen wird,

- 1 m dunkelrother homogener Laterit, mit braunen Eisenrinden auf den Spaltflächen, ziemlich fest,
- 1 m } ganz mürbes eisenreiches Gestein, die Aussenzonen
- 1 m } der Brocken ist röthlich, der Kern ockergelb,
- 1 m }
- 1 m röthliches consistenteres Gestein, mit gelblichem Bruch,
- 1 m gelbes Gestein mit weissem Bruch,
- 1 m gelbliches Gestein, in dem die Quarze zu zerbröckeln beginnen,
- 1 m wenig verwitterter Gneiss. Auf den Bruchflächen bemerkt man kaolinisirte Feldspäthe. Die Kluftflächen sind mit braunen dünnen Eisenrinden überzogen.

Es ist leicht verständlich, dass diese verschiedenen Laterit-varietäten als fortlaufende Entwicklungsphasen eines Verwitterungsvorganges betrachtet, zu einer etwas weiten Fassung der Diagnose eines Lateritgesteins führen müssen, denn es ist nicht zu entscheiden, ob die eine Abart typischer ist, als die andere. Demgemäss bestimmen auch die indischen Geologen³⁾ Laterit: als ein poröses thoniges Gestein von hohem Eisengehalt, welches

15—35 % metallisches Eisen und

21—50 % Eisenoxyd enthalten kann.

Die Farbe des Laterits ist meist roth, braun und gelb gefleckt und oft besteht ein erheblicher Theil aus weissem Thon. Die dunkleren eisenreichen Partien sind härter, die helleren weicher, und werden leicht ausgewaschen, so dass die oberste Schicht ein zelliges Gefüge erhält. Das Eisen tritt in rothen oder braunen Adern, Nestern, Concretionen, ja sogar Oolithkörnern auf, und nach MALLET⁴⁾ kann der Mangan-

1) v. RICHTHOFEN, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1860, S. 526.

2) J. WALTHER, das. 1889, S. 359.

3) BLANFORD & MEDLICOTT, Geol. of India, I, S. 348.

4) MALLET, Rec. Geol. Survey of India, XXII, 1, S. 4.

gehalt ziemlich bedeutend sein. Das Eisen reichert sich lokal an und dafür werden andere Stellen eisenärmer. In manchen Lateriten findet man unregelmässig gewundene, bis 3 cm breite Röhren, meist vertikal, seltener horizontal gerichtet. An der Atmosphäre erhärtet der in der Tiefe weiche Laterit und bedeckt sich mit einer Rinde von braunem Limonit. Bald ist diese Kruste so dicht, das alles darauf fallende Wasser sofort einsinkt¹⁾, bald hält ein hoher Thongehalt das Wasser zurück und lässt sich rothe schlammige Pfützen bilden. Zwischen Kaltura und Pt. de Galle sieht man häufig Aufschlüsse wo innerhalb der zersetzten Lateritmasse noch einzelne unverwitterte Gneisskerne von 1—2 m Durchmesser liegen. Ihre Schichtung stimmt vollkommen überein mit der Richtung sandiger Streifen, welche den Laterit durchziehen und deren Entstehung aus quarzreichen Zonen deutlich zu verfolgen ist. Jene Blöcke sind demnach nicht Gerölle, welche dem Laterit eingefügt wurden, denn solche fehlen allen primären Zersetzungs-lateriten. Aus²⁾ Gneiss entsteht Laterit auch in Travancore, Malabar, Nilgiris, Shevaroy, Kurnool, Cuddapah und Dekhan.

Der³⁾ Syenitgranit und Amphibolit der Nilgiri verwandelt sich in eine trockene zerreibliche Substanz, dann in eine weiche Erde. Die Hornblende wird zu rothem Ocker, der Feldspath zu Kaolin, die Granaten zu rother Erde. Der Quarz wird zerreiblich, die so gebildeten Massen haben oft über 15 m Mächtigkeit. Die Zersetzung schreitet auch ohne Luftzutritt unter diesen Schichten noch fort. Quarzgänge setzen unverändert in die zersetzte Masse hinein fort, Feldspathgänge aber werden zu blendend weissem Kaolin.

In Benguet⁴⁾ und anderen Orten auf Luzon wird die oberste Lage des Bodens von einer sehr verschieden mächtigen Schicht brandrother thoniger Erde gebildet, die obgleich an vielen Stellen und so namentlich in Mancayan ihre Entstehung durch Verwitterung eines stark eisenhaltigen Granits äusserst deutlich erkennbar ist, doch sicherlich an manchen Stellen Meeressediment und wahrscheinlich neuen Ursprungs ist. Dies wird durch die Ueberlagerung auf einem dichten Korallenkalk und das Vorkommen von Meerespetrefakten im Thal von Benguet bewiesen. Diesem rothen Thon ist oft eine Menge, bald feinerem, bald gröberen Sandes beigemischt und er geht dann gern über in einen ziemlich festen versteinungsleeren Sandstein.

Der Granit bildet auf Bangka⁵⁾ einen quarzhaltenden plastischen röthlichen Thon und enthält keine Eisenconcretionen; der Thonschiefer bildet einen reinen plastischen Thon und oberflächliche Lagen von Eisenconcretionen und zelligen Lateritblöcken. Der Sandstein zerfällt zu Sand; zum Theil aber, besonders in Wechsellagerung mit Thonschiefern wird er von eisenhaltenden Wässern inbibirt, dadurch etwas eisenschüssig und bildet dann auch an seiner Oberfläche Eisenconcretionen (quarzitische Sandsteinlaterite). Reine Quarzite oder Felsitschiefer hingegen verändern sich blos mechanisch, in Stücke zerfallend. Während auf Langka, Billiton, Singapore und Riouwe-Lingra Laterit vorkommt, fehlt er auf den übrigen Inseln des malayischen Archipels.

1) PECHUEL-LOESCHE, Ausland 1884, S. 426.

2) KING, Roc. Geol. Survey of India, XV, S. 96.

3) BENZA, Ref. Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 713.

4) SEMPER, Z. für Allg. Erdkunde. Berlin 1862, S. 84.

5) TH. POSEWITZ, Petermanns Mitth., XXXIII, S. 23.

Das ¹⁾ letzte Stadium der Zersetzung der Granitfelsen bei Rio ist eine rothe Erde. Dieselbe hat die Eigenthümlichkeit Abhänge von 70—80° zu bilden, ohne zu rutschen. An Wegdurchschnitten ist schaalige Absonderung des Gesteins zu beobachten, Stücke von mehreren Fussn haben einen unzersetzten Kern.

Nach ²⁾ Bohrversuchen in Arroio dos Ratos (Brasilien) ist der Schiefer bis zu 120 m zersetzt.

In ³⁾ der Kolonie Dona Francisca sehen aus der Ebene Hügel heraus, bestehend aus einem halbverwitterten, leicht in scharfkantige kleine Blöcke brechenden Gestein von schwärzlichbrauner oder grauer Farbe mit gelblichen oder lederfarbenen Verwitterungen. Bei anderen sieht man noch deutlich bis auf eine Tiefe von 10 m, dass sie das Produkt der Verwitterung einer groben krystallinischen Felsmasse sind. Mehrfach erscheint auch wohl noch ein Stück des ursprünglichen Felsens in wenig verwittertem Zustande, aber nach seinen Begrenzungen ohne bestimmte Umrisse, und so lose zusammenhängend, dass es unter dem Druck der Finger zerbröckelt.

Rothe ⁴⁾ Steinflächen sind dem ganzen Gebiet des Gazellenstromes im Süden der weiten, von den Dinka bewohnten Alluvialniederung am untersten Laufe seiner zahlreichen Tributäre eigen und erscheinen häufig auf stundenweite Strecken, eben wie eine Tischplatte, kaum Risse darbietend und hin und wieder in muldenförmigen Senkungen und ausgewitterten Löchern kleine Regentümpel enthaltend, welche stets mit einer höchst interessanten periodischen Wasservegetation bedacht zu sein pflegen.

Die weite Verbreitung des Laterits in Afrika, wurde durch BUCHNER, v. DANKELMANN, GUESSFELD, LENZ, MONTEIRO, PECHUEL-LOESCHE, STANLEY, WISSMANN und andere Reisende festgestellt.

Dass ein so weitverbreitetes Gebilde, wie der Laterit, nicht beständig an seinem Bildungsorte bleibt, sondern durch Erosion und Deflation leicht denudirt und an anderen Lagerstätten abgelagert wird, bedarf keiner Begründung. Hierin aber liegen die Schwierigkeiten für die Erklärung so mancher mächtiger Lateritlager, deren Ursprung noch räthselhaft ist.

2. Der sogenannte „Hochebenenlaterit“ Indiens ⁵⁾ findet sich dort in isolirten, bis 40 km breiten und 50 km langen Decken von 15—60 m Mächtigkeit in 600—1500 m Meereshöhe. Er überlagert in Bundelkhand Basalt oder Sandstein, und kann nicht überall ein in sich zersetztes Gestein sein.

Bei Umballa ⁶⁾ in Nordindien fand man thonigen Laterit noch in 130 m Tiefe, in den Rajmehal Bergen ⁷⁾ ist der Laterit bis 60 m mächtig und liegt noch in 200 m Meereshöhe.

Während der Hochebenenlaterit in manchen Fällen eine durch cumulative Verwitterung entstandene Decke sein mag, ist der in Indien weit verbreitete „Tiefebenenlaterit“ stets ein umgelagertes, durch Transport auf secundäre Lagerstätte verfrachtetes Gebilde. Er bildet meist

1) HEUSSER, Z. d. deutsch. geol. Ges. 1858, S. 416. 2) DERBY, Americ. Journal 1884, I, S. 138. 3) KREPLIN, Z. für Erdkunde. Berlin 1872, S. 237.

4) SCHWEINFURTH, das. 1872, S. 395. 5) BLANFORD & MEDLICOTT, Geol. of India, S. 354, 359. 6) LOGIN, Q. J. Geol. Soc. 1872, S. 199. 7) BALL, Mém. Geol. of India, XIII, II, 68.

Terrassen am Fusse krystallinischer Gebirge, erhält viele Rollstücke und erreicht eine Mächtigkeit von 1—12 m. Bald ist er sandig, bald bildet er durch Vorwiegen von Geröllen ein rothes Conglomerat. Bei 1) Bancoorah sind dem Lateritconglomerat sandige, thonige Lager von mehreren Fuss Dicke eingelagert. In dem Maasse als man sich dem Gneissgebiet nähert, nimmt die Zahl und Grösse der Quarz- und Feldspathgerölle zu. Für die recente Bildung dieser Conglomerate spricht es, dass man darin Steinwerkzeuge in Südindien gefunden hat.

Das 2) Plateau von Boala an der Bai von Loango besteht hauptsächlich aus einer milden, lebhaft rothen Thonerde, in welcher abgerollte Stücke von Quarz und Quarzsandstein, sowie Brauneisenstein in bis centnerschweren Blöcken eingebettet liegen. Diese Ablagerung erreicht an der Küste eine Mächtigkeit von 60 m.

Die in allen Lateritgebieten vorkommenden Brauneisensteine sind trotz ihrer oft runden und glatten Oberfläche keine Rollblöcke, sondern durch Diagenese entstandene Concretionen. Wir haben schon mehrfach betont, dass der Eisengehalt der Laterite so grossen Schwankungen unterworfen ist und eine so sonderbare Vertheilung erkennen lässt, dass man eine Wanderung der Eisensalze im Laterit annehmen muss. An einer Bohrung bei Daltola beobachtete BLANFORD 3)

Tiefe in m:	Eisengehalt in %:
circa 1 m	24,5 %
„ 2,5 m	18,7 „
„ 4 m	15,3 „
„ 5 m	16,1 „
„ 6,5 m	10 „
„ 8 m	8,3 „
Grundwasserstand	4,8 %
„ 9 m	4 „
„ 10 m	5,3 „
„ 12 m	3,8 „
„ 13 m	4,4 „
„ 16 m	7,1 „
„ 18 m	5,6 „
„ 20 m	5,6 „
„ 22 m	5,6 „

Manchmal steigt der Eisengehalt des Laterits so, dass er fast nur aus Eisenconcretionen besteht. So bei Midnapore, wo die ganze Masse aus 1—3 cm grossen Knollen zusammengesetzt ist. Diese Knollen bestehen aus concentrischen eisenschüssigen Sandschichten mit einem schwarzen Eisenkern.

Nördlich von Timbuktu unter 16° 30' N. Br. fand LENZ das erste Lateritgestein bis Basikumu. Es ist hier ein stark eisenschüssiger sandiger Lehm, in welchem sehr grosse Knollen von Brauneisenstein eingebettet liegen. Erreichen dieselben die Oberfläche, so zerfallen sie leicht in bohnen- bis nussgrosse Körner mit abgeglätteter Oberfläche, die stellenweise in grosser Masse den Boden bedecken.

1) BLANFORD, Mem. Geol. Survey of India, I, S. 268.

2) PECHUEL-LOESCHE, Das Kuilgebiet. Petermanns Mitth., Bd. XXIII, S. 11.

3) BLANFORD, Mem. Geol. Survey of India, I. S. 291, 271.

Die zersetzten Lateritmassen sind, wie PECHUEL-LOESCHE¹⁾ zuerst betont hat, an den Berggehängen in einer abwärts gleitenden Bewegung begriffen, und manche Struktureigenthümlichkeiten dürften sich daraus erklären.

3. Aber nicht nur die Schwerkraft veranlasst eine beständige Umlagerung der Laterite, sondern Erosion und Deflation bemächtigen sich leicht des verwitterten Materials, um es anderswo abzulagern.

Die vornehmste Transportkraft für die tropischen Laterite ist das fließende Wasser, und längs der meisten Bäche und Flüsse findet man Thallaterit, d. h. Gesteine, welche von ihrem Ursprungsort abgehoben, verfrachtet, gesondert und wieder abgelagert wurden. Während der Regenzeit sind viele Bachbetten mit rothbraunem lehmigem Wasser erfüllt, das grosse Mengen von Lateritschlamm aus den Gebirgen entführt. Der Schlamm des Congo, des Amazonas, des Kodavari, Krischna und Caveri, des Menam und anderer tropischer Flüsse, ist während der Regenzeit braunroth, und in ihrem Ueberschwemmungsgebiet setzt sich rother Schlamm und rother Sand in horizontalen Schichten nieder.

Wer²⁾ die Wasserläufe des tropischen Afrika während der Regenzeit gesehen hat, wenn sie ihre hochangeschwellenen lehmfarbigen Fluthen in das Meer wälzen, kann ermessen, welche ungeheure Menge festen Materials aus dem Lande dem Flussgebiet und dem Ocean zugeführt wird. Entsprechend der nach Jahreszeiten wechselnden Wassermenge und Triebkraft der Flüsse, je nach gegebenen Unebenheiten des Flussbettes u. s. w. wird der Transport und die Aufbereitung der Laterite sehr verwickelt. Die Ablagerungen werden sowohl neben- und hintereinander wie auch übereinander in kurzen wie langen Zeiträumen verschiedenartig ausfallen, einen Wechsel dünner Lagen, oder überwiegende Anhäufung grober und feiner Massen bedingen. Der Congo floss einst auf weite Strecken 40–50 m höher. So finden sich jetzt in den Seitenthälern Ablagerungen von Laterit, die in einstigen Flussbuchten während des Hochwassers gebildet worden sind. Schichten von leicht verkittetem Sand, sowie Bänke von reinem, gleichmässig gefärbtem, dichtem Laterit, und wieder ein Gemenge von beiden, oder dünne Schichten in Wechsellagerung werden überall beobachtet. Zuweilen sind die während der Trockenzeit entblösten Schichten des Laterits unter dem Einfluss der Sonne geborsten und in eckige Kuchen zerfallen, deren Zwischenräume durch eine spätere Hochfluth wieder ausgefüllt wurden. Manche der vorzugsweise aus Sanden bestehenden Theile der Bänke haben ausgezeichnete, regelmässige Wellenfurchen bewahrt, welche genau denen gleichen, die auch heute noch der Wind auf den trocken gelegten Sandmassen des Strombettes hervorruft. Die wechselnde Ausbreitung und Mächtigkeit der Schichten giebt Kunde, wie mannichfaltig einst die Hochfluthen aufgetreten sind. In der Gegend von Kaluba bis zum Luoschifluss, wo ehemals der Congo strömte, finden sich verschiedene Thälchen mit sehr mächtigen Ablagerungen von dichtem Laterit. Dieser steckt voller Gerölle; über den

1) PECHUEL-LOESCHE, Ausland 1884, S. 401.

2) O. LENZ, Timbuktu, II, S. 191.

3) PECHUEL-LOESCHE, l. c. 1884, S. 422, 405.

Yelaschnellen hängt eine Konglomeratmasse mit bis kopfgrossen Geröllen. Bei Vivi findet man bis zu 150 m über dem Congo einen zelligen, warmgelb gefärbten Laterit, in dem nuss- bis kopfgrosse scharfkantige Stücke von Quarz regellos vertheilt sind. Verschiedene Quarzklumpen von grossen Dimensionen schimmern weiss wie Eisblöcke auf Höhen und an den Abhängen.

4. Wenn ein Fluss, welcher Lateritschlamm führt, in einen See mündet, dann lagert sich hier Seelaterit ab, der sich durch regelmässig horizontale Schichtung auszeichnen dürfte.

5. Als zweite Transportkraft für den Laterit lernen wir den Wind kennen. Während der Regenzeit wird das Tropenland von solchen Wassermengen überschüttet, dass der Wind keine deflatirende Wirkung auszuüben vermag. Dagegen ist die Trockenzeit für die Deflation sehr günstig, und überall begegnen wir ihrer abtragenden Wirkung. Der feine ziegelrothe Staub, den jeder Windstoss aufwirbelt, wird oft für den Reisenden recht unbequem und dringt in die weissen Tropenkleider so fest ein, dass dieselben bald einen röthlichen Schimmer erhalten. Wo aber das Land vegetationsarm ist, da beobachtet man wahre Staubschürme, deren transportirende Kraft eine sehr bedeutende ist.

Während¹⁾ eines Besuches in Kuttalam sah FOOTE den östlichen Horizont oft wie in glühendem Feuerschein, so lebhaft beleuchtete die Abendsonne die grossen Nebel von rothem Staub, welche vor dem Südwestmonsum herzogen. Enorme Flammenzungen schlugen empor, während die nicht beschienenen Staubbewölken wie Rauchwolken aussahen und das Ganze wie ein furchtbarer Waldbrand aussah. Diese Nebel von rothem Sand und rothem Staub sind zweifellos die Quelle für die Teraidünen, welche längs der Koromandalküste von Melmandai bis Muttupetta beobachtet werden.

Durch diese Winde wird die trockene Oberfläche des Landes reingefegt, und das ablatirte Material weithin getragen. Die Stürme wehen in Südindien in manchen Jahren 4 Monate lang ohne Unterbrechung. Die hierbei aufgeschütteten Sandberge oder Terais finden sich vielfach im Tinevelly-, Nellore- und Travancoredistrikt. Die südlichste Teraiblagerung findet sich nahe dem Kap Komorin, wo ein schmaler rother Sandberg 10 km lag von einer weissen Küstendüne begleitet wird, ohne dass irgendwo eine Vermischung der beiden Sandarten einträte. Bei Kuttankuli ist eine Teraidüne von dunkelrother Farbe, mit einem hohen Gehalt von magnetischem Eisensand. Dieser Sandberg scheint theilweise durch den Wind wieder abgetragen worden zu sein, denn man sieht den Wurzelschopf von Palmyrapalmen 2–3 m hoch vom Sande entblöst. An natürlichen Aufschlüssen beobachtet man ausgezeichnete Diagonalschichtung in dem Sandberg mit stark geneigten Schichten von dunkelrothem Lehm. Die Hauptmasse des Teraihügels ist durch rothen Lehm verkittet und verfestigt. Der Teraiberg von Iddayangudi ist 30 km lang, bis 4 km breit und erreicht eine Seehöhe von 60 m. Der Taruvai See wird von drei Seiten durch rothe Teraihügel umgeben. Der Strand besteht aus reinem rothen Sand, bewachsen mit einigen Palmen und Banianenbäumen, und hinter dem

1) FOOTE, Mem. Geol. Survey of India, XX, I, S. 86.

blau und silbern glänzenden Seespiegel tauchten rothe Sandhügel und grüne Palmenwälder auf.

Der Ittamoliterai ist 80 □ km gross und 70 m hoch, und diese grosse Sandmasse wird beständig durch den Wind bewegt und in ihrer Oberfläche verändert. Am Fusse mancher Terais entspringen Quellen, und das im Sand circulirende Wasser spielt wahrscheinlich eine grosse Rolle bei der Verfestigung des Sandes. Der Sivalpattyterai ist ganz bewachsen mit dornigem Gebüsch. Der Terai von Rajakapalem und Manapad ist durch Kalk verkittet, und seine Farbe wird gegen Ramnad zu immer blasser. Von organischen Resten findet man im Teraisand verkalkte Hölzer und Landschnecken.

Wie andere Dünen, wandern auch die Terais; und zwar in Südindien nach OSO. Die Hügel von Ittamoli wandern im Jahre 10 bis 35 m.

6. Dass neben diesen durch Deflation entstandenen Sandablagerungen auch rothe Lehme in den Tropen gebildet werden, ist leicht verständlich. Von Radschputana bis nach Ceylon begegnet man häufig Lössablagerungen von rothgelber und rother Farbe, die im Uebrigen durchaus den gelben und braunen ungeschichteten Lössen der aussertropischen Faciesbezirke gleichen. Ein charakteristisches Merkmal von Lateritboden sind die hohen Termitenhäufen von rothem Thon, wie sie sich in Afrika und Indien finden.

7. Von den chemischen Ablagerungen des Tropenlandes sind zuerst die Quellabsätze zu nennen, über die ich leider nur wenige Angaben habe auffinden können. G. v. D. BORNE¹⁾ beobachtete in Ostafrika häufig an den Thalgehängen einen bankartigen Saum von recentem Kalktuff. In den regenlosen Monaten der Trockenzeit verdunstet das gesammte Quellwasser und die „trockene Quelle“ liefert lediglich Kalk. Auch der Gehalt an Chloriden ist in vielen tropischen Bächen sehr gross. In²⁾ Samba wird von den Eingeborenen Salz aus dem Quellwasser durch Einkochen gewonnen, das Salz ist feinkörnig, fast schwarz, und hat einen salpeterigen Geschmack. Salzseen, an deren Ufern zu gewissen Jahreszeiten Salzkrusten den Boden bedecken, sind in Ostafrika nicht selten.

An der Südbai³⁾ von Neukaledonien entspringen Quellen von 33°, welche Magnesiabikarbonat absetzen. Sie kommen aus Serpentinfelsen.

8. Die Ueppigkeit der tropischen Vegetation ist eine so grosse, dass sie geradezu sprichwörtlich geworden ist; und die Annahme ist nahelegend, dass dieser reichen Entwicklung des Pflanzenlebens eine ebenso grosse Verbreitung von Humusablagerungen im Tropenland entspreche. Um so bemerkenswerther ist es, dass solches nicht der Fall ist. Ein erfahrener Kenner der tropischen Kulturböden, WOHLTMANN⁴⁾ sagt darüber: Humusböden oder Böden mit hohem Humusgehalt werden in den Tropenländern zwischen den Wendekreisen verhältnissmässig in geringerer Ausdehnung angetroffen, wie in den gemässigten Zonen. Das Fehlen grösserer Mengen von Humus im

1) Brief vom 27. XII. 1892.

2) WISSMANN, Unter deutscher Flagge, S. 172.

3) GARNIER, Annales des Mines, 6. Ser., XII, S. 72.

4) WOHLTMANN, Tropische Agricultur 1892, S. 169.

tropischen Erdboden ist überall bemerkbar. Die tropischen Böden zeichnen sich, über ausserordentlich grosse Flächen, durch gelbe oder rothe Farbe aus. Der geringe Humusgehalt ist leicht erklärbar. Erstens führt die heisse, wasserdampfreiche Atmosphäre überall eine schnelle Zersetzung organischer Substanzen und eine baldige vollständige Auflösung derselben herbei. Meterstarke Bäume weichen Holzes pflegen schon nach wenigen Jahren zu zerfallen, und jeder erfahrene tropische Kolonist sucht den Humus seines Ackers dadurch zu vermehren, dass er dicke Stämme nicht dem Feuer, sondern der Vermoderung preisgibt. Die ungeheuer heftigen und lange anhaltenden Niederschläge entführen leicht die vermoderten Massen und nur am Boden des dichten Urwaldes, oder in stagnirendem Wasser kann sich Humus anhäufen. Stets wird man in den Tropenländern bemerken, dass die Flüsse, zumal in der Regenzeit eine ausserordentlich schmutzige, bis dunkelbraune Färbung besitzen, herrührend von dem grossen Gehalt des Wassers an Humussubstanzen. Trotzdem also in dem Tropenland ungeheure Massen von Cellulose gebildet werden, so vermodern dieselben doch zum Theil zu gasförmigen Zersetzungsprodukten, und der übrig bleibende Rest wird leicht vom Wasser weithin dem Meere zugeführt.

Dass sich in den höheren Gebirgen der Tropen ausgedehnte Torflager finden, kann bei der dort herrschenden niedrigeren Temperatur nicht überraschen. Bei Nuvera Ellia auf Ceylon 2000 m hoch, ist die ganze Senkung des Thalbeckens mit Torf- und Humuslagern erfüllt, welche an einzelnen Stellen 1 m tief aufgeschlossen sind. Der sumpfige Boden zerreissst während der trockenen Jahreszeit in polygonale Spalten, welche allmählig die ganze Humusmasse in vertikal stehende Säulen zerlegen.

Auf¹⁾ Java im Ambarawathal erhob sich im Mai 1838 eine 1000 m über dem Meere liegende sumpfige Fläche 10 m hoch. Tiefe Spalten klafften und zeigten einen moorartigen Boden mit vertorften Baumstämmen.

Vom Gunung Semeru berichtet JUNGHUHN²⁾ wie der Urwald so dicht war, dass kein Sonnenstrahl in die Tiefe zu dringen, kein Luftzug die miasmatischen Gase zu entfernen vermöchte. Auf dem feuchten breiartigen Humusboden, in dem der Fuss versank, vermoderten unzählige Pflanzen und bildeten immer neue Humusschichten.

Die³⁾ Kanäle der Galewo Str. (Neu Guinea) sind eine wahre Stätte für Kohlenbildung. Sie ziehen sich weithin durch einen dichten Urwald und sind stets beschattet von den mächtigen Baumkronen. Die sumpfigen Ufer sind durchtränkt von Wasser und entwickeln eine üppige Vegetation von lichtscheuen Selaginellen und Farnen. Beständig fallen Blätter und andere Pflanzenreste ins Wasser, dessen Spiegel nie ein frischer Luftzug kräuselt. Zuweilen giebt auch der Uferstrand unter der Vegetation nach und es versinken grosse Bäume, deren jeder, mit Schmarotzer aller Art bedeckt, für sich allein einen ganzen botanischen Garten darstellt. Ungeheure organische Massen modern hier langsam

1) JUNGHUHN, Neues Jahrbuch für Min. 1856, S. 68.

2) JUNGHUHN, Java, II, S. 530.

3) STUDER, Gazelle, III, S. 230.

unter wenig Sauerstoffzutritt und einer verhältnissmässig hohen constanten Temperatur. Das Wasser ist schwarz und trübe, und haucht einen widerlichen Modergeruch aus, der die Brust beengt. Sein Boden besteht aus schwarzem Moder. In diesem Gebiet war ein reiches Thierleben nicht zu erwarten.

Nördlich von Lunda¹⁾ sah WISSMANN auf den, zwischen Bachschluchten stehen gebliebenen Lateritplateauresten, eine starke Humusschicht.

Sehr interessant aber sind die Humusbildungen von Südindien, welche der vielfach ausgesprochenen Meinung, dass im Tropengebiet Sümpfe fehlen, eine sehr wesentliche Einschränkung verleihen. Wie die Karte Madura und Tienévelly²⁾ Distrikts zeigt, und wie ich auf meiner Ochsenwagenreise von Madura nach Ramnad und Ramesveram kennen gelernt habe, ist die Tiefebene des Südindischen Küstenlandes mit zahllosen kleinen und grossen Wasserlachen und Sümpfen bedeckt. Obwohl ich während der trockenen Jahreszeit reiste, so wand sich der Weg doch beständig zwischen Wasserflächen dahin, deren morastige Ausdünstung recht unangenehm war. Palmenwäldchen, Buschwerk und Wasserpflanzen umrahmten die Sümpfe, deren Boden von einer schwarzen Humusmasse halbverwester Pflanzenreste gebildet wurde. Mehrfach grenzten gelbe Sandflächen an die Sümpfe und nach der Karte zu urtheilen, dürften auch viele Teraidünen in nächster Nähe ähnlicher Humusstätten liegen.

Wenn man diese unzähligen humusbildenden Sümpfe im östlichen Theil vom Maduradistrikt berücksichtigt, dann kann es keinem Zweifel unterliegen, dass der im westlichen Distrikt so weit verbreitete Regur oder „Cottonsoil“ nichts weiter ist, als ausgetrockneter Sumpfboden; eine Meinung, welche schon von KING und FOOTE³⁾ ausgesprochen wurde. Diese Forscher sagen: Was den südindischen Baumwollenboden anlangt, so halten wir denselben für einen sedimentären Absatz gemischt mit organischer Substanz von wesentlich pflanzlicher Herkunft und glauben, dass derselbe in der Mehrzahl der Fälle in Süsswasserseen gebildet wurde.

Es mag zur Ergänzung darauf hingewiesen werden, dass manche Regurarten aus zersetztem Basalt oder Schiefer entstanden sind, immer aber verdanken sie ihre schwarze Farbe der Beimischung von organischer Substanz und Humus.

Da die, jetzt von Regur bedeckten Gegenden keine Sümpfe mehr besitzen, so hat FOOTE⁴⁾ darauf aufmerksam gemacht, dass früher ausgedehntere Wälder und grössere Niederschlagsmengen dort vorhanden gewesen sein möchten.

Der Regur ist in Südindien weit verbreitet und im Tritschinopolydistrikt habe ich viele schöne Aufschlüsse gesehen. Darnach kann ich nur bestätigen, was BLANFORD⁵⁾ darüber sagt: Der Regur ist gewöhnlich schwarz oder blauschwarz. Nach heftigen andauernden Regen verwandelt er sich in einen zähen Schlamm, der sogar für Fussgänger

1) WISSMANN, Unter deutscher Flagge quer durch Afrika, S. 60.

2) FOOTE, Mem. Geol. Survey of India, XX, 1883.

3) KING and FOOTE, das. IV, S. 355.

4) FOOTE, das. XVI, S. 98.

5) BLANFORD, das. IV, 1., S. 183.

unpassirbar ist, nach längerer Trockenheit wird er von fusstiefen Trockenrissen gespalten. Während er in gewissen Gebieten Indiens sehr fruchtbar ist, trifft Solches für den Tritschinopolydistrikt nicht zu, denn er ist meist unbebaut, und seine hügelige Oberfläche ist mit niedrigem Gebüsch bestanden. Wo der Regur auf Kreidethonen lagert, sind gelbe oder hellgraue Thonschichten ihm eingelagert. Auf Gneissunterlage zeigt seine unterste Schicht Gneissgeröll. Concretionen von Kalk (Kunkur) trifft man nicht selten darin.

Der Regur zeigt im allgemeinen keine Schichtung, aber bei Neduvassell sah ich Bäche, welche Regurschlamm transportirten und denselben an geeigneten Stellen in Schichten wieder absetzten. Der Regur erreicht meist eine Dicke von 1—2 m, selten sind Profile von 5 m Mächtigkeit beobachtet worden. Wo er sich an Gneiss anlagert, wird er unrein, es mischen sich sandige Verwitterungsprodukte demselben bei und allmählig geht er in Gneissgruss über.

Eine besondere Art organischer Ablagerungen bilden die vegetabilischen Massen, welche im oberen Nil sich aufhäufen und dort oft geradezu den Fluss verstopfen. Die ¹⁾ geringe Abströmung der grossen Wassermassen, welche die äquatorialen Nilquellströme führen, erzeugt während und nach der Regenperiode ausgedehnte Ueberschwemmungen besonders zwischen 7 und 9° N. Br. Dieses Land ist grösstentheils Alluvialboden, von den Flüssen abgelagert und wieder abgetragen, nach allen Richtungen durchpflügt und wieder nivellirt, ohne jede nennenswerthe Erhebung mit wenig Busch und kleinen Flächen von Hochwald bewachsen. An den Flüssen wuchern in tropischer Ueppigkeit Gramineen und Cyperaceen, Papyrus und andere Gewächse. Beim Eintritt des Hochwassers wird die weitverbreitete Grasdecke gehoben und schwimmend durch Strömungen und Winde hin- und hergetrieben. Grosse und kleine Gräsinseln gelangen in die Strömung des Flusses, stauen sich an den Windungen und bilden hier die gefürchteten Grasbarren. Die geringe Kraft der Strömung bricht solche Barren nur selten durch, meist nimmt der Fluss eine andere Richtung und umgeht das Hinderniss. Werden solche Grasbarren längere Zeit sich selbst überlassen, so nehmen sie durch Anlagerung neuer Inseln immer mehr an Grösse zu und werden durch Schlamm u. s. w. immer dichter. Die Wurzeln wuchern unter der Oberfläche weiter.

Hunderte von Fischen (*Synodontis*) schwimmen zwischen den Inseln umher. Die Grasbarren faulen leicht und erzeugen dann einen durchdringenden Modergeruch. Die Mächtigkeit der Barren erreicht 3—6 m. Der Boden des Flusses besteht aus Schlamm und Morast. Sobald eine grössere Barre frei wird und in Bewegung kommt, wird das Flusswasser trübe und schlammig.

Die Ablagerungen des Tropenlandes sind nach dem Gesagten von sehr wechselnder Beschaffenheit, und wenn viele derselben auch durch lateritische Farbe ausgezeichnet sind, so ist dieser Charakter doch nicht durchgehend als Merkmal anzusehen. Dagegen erhalten die meisten tropischen Gebilde des Festlandes ein besonderes Gepräge durch Diagenese, das zwar nicht auf das Tropenland beschränkt ist,

1) FOOTE, Mem. G. S. India, XX, 1., S. 84.

2) MARNO, Mitth. Geogr. Ges. Wien 1881, S. 284, 426.

aber doch hier weit verbreitet gefunden wird. Der Wechsel einer niederschlagsreichen Regenzeit und einer durch grosse Verdunstung ausgezeichneten Trockenzeit bewirkt eine grosse Veränderung in dem Grundwasserstand, eine regelmässig wiederholte Wasserdurchtränkung und Austrocknung aller Alluvionen. Infolgedessen bilden sich während der Regenzeit leicht überall im Boden Minerallösungen, deren Gehalt an gelöstem Material bei der Trockenzeit wieder abgeschieden wird. Alle in Wasser löslichen Bodenbestandtheile werden dadurch jedes Jahr aufs Neue gelöst und wieder ausgefüllt, und müssen hierbei beständig im Gestein umherwandern. Als eine Folge dieses Wechsels von Lösung und Niederschlag betrachte ich die in allen tropischen Ablagerungen ungemein häufigen Concretionen. Von Bengalen bis nach Ceylon habe ich keine jüngere Ablagerung gesehen, in der nicht die Concretionen zu den charakteristischen Einschlüssen gehörten, und die Literatur enthält eine grosse Fülle ähnlicher Beobachtungen.

Die Concretionen im Laterit bestehen aus Brauneisenstein, und wenn sie auch im Allgemeinen in den oberen Lateritschichten frisch zersetzter Gesteine am häufigsten sind, so sind sie doch in allen Lateritgebieten so verbreitet, dass sie WOHLTMANN¹⁾ geradezu als wesentliches Gemengtheil eines Laterit betrachten möchte. Bald treten sie als Bänder und Nester, Schnüre und Lager auf, und durchziehen das Gestein mit einem harten Netzwerk nach allen Seiten, bald sehen wir kleine und grosse, runde Eisenbrode regelmässig dem Laterit eingelagert.

Dieselben Eisenbrode werden aus Afrika beschrieben. Die ²⁾ Länder des Ogowegebietes sind von gelbem Lehm bedeckt, der ungeschichtet und stark eisenschüssig ist, und nicht selten Concretionen von thonigem Brauneisenstein enthält.

Klumpen³⁾ und Stücke eines mit blasigen Hohlräumen erfüllten Eisensteines lagern an manchen Orten Westafrikas in Menge und sind den dichten wie zelligen Lateriten eigenthümlich.

In Brasilien⁴⁾ an den Gehängen des Rio Parana ist zu oberst ein mächtiges Lager rothgelben Lehmcs mit vielen kalkigen Concretionen von beträchtlicher Härte, die sogenannte „Tosca“ Kalkconcretionen sind ungemein häufig in den Ablagerungen des Ganges, und werden hier als „Kankar“ oder „Kunkur“ beschrieben⁵⁾. Sie finden sich tief in den Alluvionen der bengalischen Ebene, und ziehen schichtengleich mit grosser Regelmässigkeit durch die Gangesthone bei Benares. Sehr verbreitet sind Septarien und Kalkknollen auch in den Kreideablagerungen Südindiens. Kalkbrode, Linsen, Kugeln von 40–200 cm Durchmesser sah ich in Menge bei Parully, bei Kulliguddy und an anderen Lokalitäten, von dort beschreibt sie auch BLANFORD⁶⁾ ausführlich.

In Südindien (Madura und Tinevelly⁷⁾) kommen die meisten Flüsse aus einem Gneissgebiet und führen daher einen blassrothen, oder röthlich

1) WOHLTMANN, Tropische Agricultur, S. 140.

2) LENZ, Verh. d. Ver. für Erdkunde. Berlin 1875, II, S. 139.

3) PECHUEL-LOESCHE, Ausland 1884, S. 407, 424.

4) BURMEISTER, Zeitschr. d. Allg. Erdkunde. Berlin 1882, S. 121.

5) HARDIE, Ref. Neues Jahrb. für Min. 1833, S. 566.

6) BLANFORD, Mem. G. S. India, IV, 1., S. 209.

7) FOOTE, Mem. G. S. India, XX, I, S. 75.

weissen oder auch blassbraunen sandigen Lehm, der an manchen Stellen in reinen Thon oder auch in reinen Sand übergeht. Eine Ausnahme bildet der Verudupatty, der durch ein mit typischem Regur bedecktes Land fliesst und daher seine Thalniederungen mit einer dicken Schicht von Regurschlamm bedeckt hat. Durch die Regurbeimengungen wird der an der Mündung des Vaippar abgesetzte Schlamm dunkelgrau oder granbraun.

Das Alluvium des Vaigai, wie dasjenige der nördlicheren Flüsse ist ein sehr sandiger Lehm, der bei Madura Kiesel enthält und bei Ramnad ausserordentlich sandreich wird. Hier und da variiren die Absätze in einen groben Grus oder feinen Kies, Quarze und gerollte Kunkur. Das Alluvium des Tambraparni ist blassroth und sehr sandig. Grosse Mengen von Kalkabscheidungen (Kunkur) treten in den Sandbänken bei Tinnevely auf und haben die Sandschichten in ein hartes Gestein verfestigt. Dort findet sich auch ein gneissführendes Konglomerat mit kalkigem Bindemittel.

Da das Tropenland einen Theil des Jahres durch sehr starke Niederschläge, einen anderen Theil durch Trockenheit und Dürre ausgezeichnet ist, so herrschen hier je nach den lokalen und periodischen Umständen Erosion und Deflation als lithogenetische Kräfte. Der Ueberschuss an Regen und der Gewitterreichthum bedingen jene eigenthümliche, durch rothe Farbe ausgezeichnete Verwitterungserde, den Laterit. Die reiche Vegetation an den Abhängen der Gebirge begünstigt die cumulative Verwitterung. Humus bildet sich häufig in den Gebirgen, seltener in tiefelegenen Gebieten.

Die rothe Farbe ist charakteristisch für die meisten tropischen Alluvionen, sie beherrscht die Ablagerungen von Flüssen und Seen, sie findet sich im Schlamm des Litorals und in den Sandbergen der Dünen. Weisse Sandbänke begleiten bisweilen die schlammigen rothen Flussufer, und geben Anlass zu Wechsellagerung weisser Sandsteine mit rothen Thonen.

Das Ueberschwemmungs- und Deltagebiet der grossen Flüsse ist durch eine sehr regelmässige dünne Schichtung ausgezeichnet. Der hier abgelagerte Schlamm kommt beim Ganges und beim Mississippi aus nichttropischen Regionen und ist deshalb auch nicht roth, sondern grau gefärbt.

20. Festländische Vulkane.

Die Ursachen und Bedingungen vulkanischer Eruptionen liegen im Innern der Erdrinde verborgen, und beherrschen so sehr den Charakter der dabei gebildeten Ablagerungen, dass von Island bis nach dem Kilimandjaro wesentliche Unterschiede derselben nicht zu erkennen sind. Mag ein Vulkan im Polargebiet oder im Tropenland entstehen, seine Laven und Tuffe ordnen sich nach denselben Grundsätzen, und wenn wir von dem Charakter der Verwitterungsprodukte absehen, kann man an einem fossilen Vulkane nicht erkennen, unter welchen klimatischen Bedingungen, in welchem Faciesbezirk er entstanden ist. Nur die Aufschüttung und der Charakter der Ablagerungen bei festländischen und marinen Vulkanen ist verschieden, daher werden wir die letzteren gesondert behandeln und auch folgerichtig diejenigen Erscheinungen, welche man am Meeresufer italienischer Vulkane beobachten kann, bei der Schilderung vulkanischer Archipele besprechen. Die Bedingungen der Vulkanbildung sind andere, als diejenigen der andauernden Eruptionen. Für die Vulkanbildung bedarf es der Anwesenheit expansiven Magmas, und einer Dichtigkeitsverminderung in der Erdrinde. Wo beide Voraussetzungen zusammentreffen, da entsteht ein Vulkan. Es hängt nun von dem Dampfgehalt des ausgestossenen Magmas ab, in welcher Weise die Auflagerung desselben erfolgt. Ist das Magma dampfarm, so entsteht ein sogenannter homogener Vulkan, d. h. die ausfliessende Lava bedeckt das den Eruptivschlot umgebende Gebiet auf geringere oder grössere Erstreckung. Bald fliesst die dünnflüssige Lava als ungeheure Lavadecke über viele Meilen des Landes, bald häuft sich die zähflüssige Lava als Quellkuppe direkt über dem Schlote auf. Auf geneigter Unterlage bilden sich Lavaströme, die mit wechselnder Breite und wechselnder Geschwindigkeit bergab fliessen, wie ein zäher Schlammstrom.

In anderen Fällen ist das Magma so dampfreich, dass durch die Expansion des Dampfes beim Austritt aus der Erdrinde Alles in feine oder gröbere Fragmente zerrissen wird, die als Bomben oder vulkanische Asche in die Luft fliegen und dann erst auf der Erdoberfläche zur Ablagerung gelangen. Solche bloss aufgeschüttete vulkanische Massen bilden einen Kraterring um den Eruptivschlot, und werden als Tuffvulkane bezeichnet. Oftmals aber treten aus demselben Eruptivschlot in raschem Wechsel Tuffe und Laven nacheinander aus, und

bilden einen aus Tuffschichten und Lavaströmen zusammengesetzten sogenannten Stratovulkan.

Betrachten wir jetzt genauer die Ablagerungen, welche hierbei gebildet werden, so müssen wir unterscheiden zwischen den Ablagerungen auf I. erster und zweiter Lagerstätte, denn die oft sehr lockeren weichen vulkanischen Tuffgesteine werden durch II. Wind, III. Wasser und IV. Eis von ihrem ersten Ablagerungsgebiet leicht abgehoben und an anderen Orten wieder abgelagert, so dass hierdurch Denudationsflächen und Auflagerungsflächen in häufigem Wechsel neben- und übereinander auftreten.

I. Die vulkanischen Ablagerungen auf erster Lagerstätte sind Laven und Tuff.

1. Von ¹⁾ welchem Punkte die Lava auch ausfliessen mag, sie setzt ihren Lauf in der Weise eines Stromes von geschmolzenem Metalle, den Gesetzen der Schwere folgend, fort, fliesst die Abhänge hinab, überströmt flache Ebenen und füllt alle Aushöhlungen, welche ihr zugänglich sind, je nach ihrem grösseren oder geringeren Flüssigkeitsgrade.

Diese Eigenthümlichkeit variirt aber sehr bedeutend, denn einige Laven sind viel zäher als andere. Am Vesuv sah man 1822 einen Strom vom Kraterrand bis nach Pedamentina in 15 Minuten hinabfliessen, während andere Ströme träge dahinschleichen und den Fuss des Berges niemals erreichen. Die Oberfläche des Stromes zerbricht leicht in Spalten und durch diese Klüfte, welche meist senkrecht zur erkaltenden Oberfläche stehen, entweicht viel Dampf. Dabei wird die Oberfläche der Lava zerbrochen und diese Schollen erheben sich durch Stauung bis 20 m über das Niveau des Stromes. Ein Lavastrom, der 1819 am Aetna entstanden war, floss ein Jahr später noch als ein ungeheurer Blockhaufen vorwärts. Ein Lavastrom, der einen Abhang hinabfliesst, wird in der Regel in der Mitte am dicksten sein. Wenn aber der Zufluss frischer Lava von oben aufhört, dann sinkt die Mitte des Stromes ein und der Querschnitt desselben wird concav.

Auf dieselbe Weise entstehen, wie wir S. 686 schon gezeigt haben, langgestreckte Höhlen in dem Lavastrom, die oft sogar mit Pseudostalaktiten von Lava ausgekleidet sind.

Die bei einem einzigen Ausbruch ergossene Lavamenge ist sehr gross. Der Skaptar Jökull ergoss 1783 zwei Ströme, einer 100 km lang und stellenweise 30 km breit, der andere 80 km lang und bis 14 km breit. Ihre Dicke betrug an manchen Stellen über 150 m.

Langsam fliessende, zähflüssige Lavaströme werden selbst durch kleine Hindernisse leicht aufgehalten. Ein Busch, ein Baum, eine Mauer, selbst ein grosser Stein, hat oft einen Strom in einem Maasse gehemmt, das durchaus ohne Verhältniss zu dem Widerstande war, den solche Dinge der Wucht des Lavastromes entgegenzusetzen konnten. Wenn der Strom gehemmt wird, dann staut er sich, steigt in die Höhe und sucht das Hinderniss von oben oder seitlich zu umgehen.

Infolge dessen wächst ein Lavastrom beträchtlich an Tiefe und Volumen, sobald Hindernisse seinem Fortschreiten in den Weg kommen. Daher findet man da, wo schmale und gewundene Gebirgs-

1) POULETT SCROPE, Ueber Vulkane, übers. von Klöden 1872, S. 55 f.

schluchten auf weite Strecken von Lava durchflossen wurden, jede concave Einbiegung mit einer voluminösen Basaltmasse erfüllt, während die Zwischentheile des Thales verhältnissmässig schmale und flache Streifen zeigen. Aus demselben Grunde wird, wenn das Hinderniss von ansehnlicher Höhe ist, und wenn es von der Lava nicht umgangen werden konnte, der Anschein erweckt, als ob der Strom bergauf geflossen wäre.

Wenn fließende Lava auf brennbare Dinge trifft, so pflegt sie diese zu entzünden. Wenn Bäume schnell von der Lava umhüllt werden, so verbrennt nur der obere Theil und der verkohlende untere Stamm hinterlässt einen hohlen Abdruck in der Lava. Auf Hawaii hat man sogar beobachtet, dass Baumzweige mit Obsidianzapfen wie mit Eiszapfen behängt waren, ohne dass die Bäume viel von der Hitze gelitten hatten.

Eine charakteristische Eigenthümlichkeit der Lavaströme sind die „Säulen“, welche, von meist sechseckigem Querschnitt, dicht gedrängt nebeneinanderstehen und bei der Erkaltung der Lava entstanden sind. Andere Laven sind kugelig abgesondert, und die Kugeln bestehen wiederum aus radial gestellten kleinen Säulen.

Manche Laven nehmen beim Festwerden eine plattige oder schieferige Struktur an.

Wenn eine grössere Anzahl von Lavaströmen übereinander fließen, entsteht eine geschichtete Ablagerung, die je nach der Neigung des Untergrundes horizontal oder bis zu 35°; gelegentlich sogar noch steiler geneigt ist.

In einem Lavastrom bilden sich oft Blasenräume, welche in der Richtung des Fließens langgezogen sind, und die ein ausgezeichnetes Merkmal für diese Richtung abgeben. Mit Zuhilfenahme des Neigungswinkels lässt sich selbst an einem kleinen Profil daraus die Ursprungsstelle der Lava bestimmen.

Aus dem Gesagten geht ausserdem hervor, dass die meisten Lavaströme an ihrem, dem Vulkanschlot abgewendeten Ende kompakt und mächtig sind, nach dem Schlot zu aber dünner, spaltenreicher und leichter zerstörbar werden.

Im Allgemeinen bilden die Lavaströme länggestreckte Bänder, die radial vom Eruptivschlot ausstrahlen und sich nach ihrem Ende zu verbreitern.

Während die sogenannte Fladenlava ein zusammenhängendes Ganze bildet, ist die Schollenlava von einem Haufwerk loser Blöcke umgeben und schreitet als Trümmerstrom vorwärts.

Von Java, dem klassischen Vulkangebiet beschreibt JUNGHUHN¹⁾ mehrfach solche Trümmerströme. Millionenweise findet man auf dem Boden des Tji-Widaithales Trümmerblöcke von $\frac{1}{2}$ —8 m Durchmesser verstreut und es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass hier ein grosser Lavatrümmerstrom des G. Patua vorliegt. In vielen Gegenden des G. Merapi bilden die Myriaden von Steintrümmern lange Streifen, und man kann deutlich sehen, dass sie beim Ausbruch in Strömen herabgeflossen sind. Es sind keine Lavamassen, welche beim Erkalten

1) JUNGHUHN, Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Leipzig 1857, II, S. 51, 305.

zerspalteten, sondern wirklich lose, schon von Anfang an getrennte Stücke, die in vielgewundenen Strömen angeordnet hohe Trümmerhaufen bilden.

2. Die zweite Gruppe vulkanischer Ablagerungen sind die Tuffe. Dieselben bestehen aus Magmafragmenten von wechselnder Grösse. Die grösseren Stücke nennt man Bomben, die mittelgrossen Lapilli, die kleineren vulkanische Sande, die feinen staubartigen Theile vulkanische Asche. Selten werden bei einer Eruption nur Fragmente von annähernd gleicher Grösse emporgeschleudert und abgelagert. Eine solche Ablagerung wird ungeschichtet sein; und ungeschichtete, mehrere Meter mächtige Ablagerungen von feiner vulkanischer Asche finden sich in vielen Profilen festländischer Vulkane.

In der Regel sind Magmafragmenten von verschiedener Grösse durcheinander gemengt, und indem dieselben in der Luft sortirt werden, fallen sie als wohlgeschichtete Tuffe zu Boden. Die Neigung der Tuffschichten richtet sich nach der Böschung des Untergrundes. Auf ebenen Flächen bilden sich horizontale, auf geneigten Abhängen entstehen einfallende Tuffschichten, deren Fallwinkel bis gegen 50° betragen kann.

In vielfachem Wechsel lagern Laven und Tuffe an den meisten Vulkanen übereinander. Die rauhe zerrissene Oberfläche der Lava wird durch Asche und Bimstein ausgefüllt und eingeebnet, so dass selbst auf ganz unregelmässiger Lava der Tuff in ebenen Schichten abgesetzt wird. Durch den Ausbruch¹⁾ des Askja im Jahre 1875 war die vorher rauhe, vollkommen unpassirbare Lava überall mit Bimstein bedeckt, so dass alle Löcher und Vertiefungen verschwunden waren. In Island wie in Java finden sich ausgedehnte Ebenen, bedeckt mit vulkanischem Sande, der alle Unebenheiten des Lavauntergrundes verhüllt.

Schon während der Vulkanbildung treten mancherlei Veränderungen im Gefüge seiner Schichten auf. Mallet²⁾ hat zuerst darauf hingewiesen, dass durch den Druck der immer schwerer werdenden Felsmassen die untersten Tuffschichten gedrückt werden, und aus der horizontalen Lage in eine, nach der Mitte des Vulkans einfallende Synklinale verwandelt werden.

Am³⁾ Kolotta Dyngja und am Heidinha auf Island hat sich der centrale Theil des Vulkans in dieser Weise gesenkt.

An manchen Aufschlüssen in der Umgebung des See von Albano sind Störungen in dem Gefüge der Tuffschichten in der Weise eingetreten, dass schwere Bomben in die unter ihnen liegenden Tuffschichten eingesunken sind und diese zu 1 m tiefen Säcken ausgestülpt haben. Die steile Böschung des Kraterandes veranlasst Abbrüche und Bergstürze von oft sehr bedeutenden Dimensionen, und wenn man am Abhang der Somma, vom Atrio del cavallo aus, um den Vesuvkegel herumwandert, dann hört man beständig das Herabstürzen gelockerter Felsen und Aschenmassen.

Im hohen Grade sind alle Vulkane der Denudation unterworfen, und wenn sich hierbei überall Denudationsflächen bilden, so lagern

1) THORRODSEN, Petermanns Mith. 1885, S. 288.

2) Mallet, Quarterly Journal Geol. Soc. 1877, S. 740.

3) THORRODSEN, l. c., S. 332.

sich andererseits ebenso zahlreiche neugebildete Ablagerungen auf die Gehänge des vulkanischen Gebietes. Die Verwitterung an Vulkanen ist je nach dem Klima eine verschiedene, doch im allgemeinen sehr intensiv. Sie wird lebhaft unterstützt durch die vulkanischen Dämpfe, welche zersetzend auf Tuffe und Lavagesteine wirken.

Der ¹⁾ 400 m hohe Eruptivkegel, der den alten Krater des G. Tampomas ausfüllt, besteht aus lauter eckigen 1—10 m hohen Lavatrümmern, die sich in einem Zustand halber Zersetzung befinden. Sie sind weich, und leicht zu zerschlagen, ihre Zwischenräume sind mit vermoderter Erde ausgefüllt und alle sind mit Moos überzogen. Wenn die Verwitterung so weiter geht, so dürfte in 500 Jahren der ganze Kegel vielleicht nur noch ein Haufen von röthlichgelber Lehmerde (Laterit) sein; man würde dann seine Natur als Eruptionskegel nicht zu erkennen vermögen, und die Höhe des Berges würde um mehrere 100 m erniedrigt sein.

Relativ selten sind an tropischen Vulkanen lateritische Verwitterungsprodukte beobachtet, doch beschreibt JUNGHUHN ²⁾ von vielen Stellen Javas „bolusartige rothe Verwitterungsthone“, die wohl nichts anders als Laterit sind.

Viele scharfe Sprünge und Spalten, welche von Lavablöcken beschrieben ³⁾ werden, dürften durch Insolation entstanden sein.

Am G. Ungaran ⁴⁾ sieht man alle Felstrümmen in den verschiedensten Stadien der Zersetzung und in unmerklichen Uebergängen von den härtesten Trachytblöcken bis zur weichsten Thonerde.

Dass die oft schon an sich sehr weichen, und durch Verwitterung zersetzten Gesteine der festländischen Vulkane durch die denudierenden Transportkräfte leicht abgetragen werden, ist selbstverständlich.

3. Häufig sind auf Vulkangebieten heisse Quellen, Thermen oder intermittirende Geysire. Dieselben sind von Island, Neuseeland und Nordamerika besonders bekannt.

Die Isländischen Fumarolen ⁵⁾, Geysire und Thermen erwärmen den Boden in der Umgebung so, dass wahre Oasen reicher Vegetation um dieselben sich ansiedeln. An den Kieselsinterkegeln im Rey Kholts-thal und bei Reykir steigen Torfmoose so weit empor, dass sie völlig im warmen Wasser wachsen und ihre unteren Theile bereits völlig der Incrustation durch den Kieselsinter der Quellen anheimgefallen sind, während sie nach oben lustig weiter grünen. In diesen Moospolstern siedeln sich dann andere Pflanzen an und gelangen zu einer anderwärts nicht zu beobachtenden Ueppigkeit. In den Bächen, die die Abflusswasser des Geysirgebietes abführen, wuchern in Menge grüne Fadenalgen, von denen indessen nur die Spitzen noch grün sind, während die älteren Theile in Folge einer äusserst feinen Ueberrindung mit Sinter leuchtend gelbe und orangerothe Farben angenommen haben und beim Herausnehmen aus dem Wasser völlig zerbröckeln. Auf diesen und anderen Wasserpflanzen grasen, z. B. bei Reykir, sehr zahlreiche

1) JUNGHUHN, Java, II, S. 433.

2) Das. II, S. 265, 302, 384, 388, 441 u. s. w.

3) Das. S. 540.

4) Das. S. 259.

5) KEILHACK, Botan. Centralblatt 1886, No. 12.

kleine Wasserschnecken, *Limnaca geysericola*, in einem Wasser, dessen Temperatur 32° C. beträgt.

Im allgemeinen finden sich in der Nähe der Thermen, sowie in den, an manchen Orten (Reykir, Geysir) sehr zahlreiche, fossile Pflanzen enthaltenden Kieselinterablagerungen derselben, keine anderen Pflanzen, als diejenigen, die überhaupt an feuchten Stellen, in Mooren, an quelligen Bergabhängen und in Bächen vorkommen, wohl aber erreicht eine ganze Menge isländischer Pflanzen hier ganz besondere Grösse, oder findet sich in ausserordentlicher Menge.

4. Die ¹⁾ heissen Quellen und Geysire, welche den Yellowstonepark so berühmt gemacht haben, hängen aufs Engste mit seiner geologischen Vergangenheit zusammen und lassen sich nur verstehen, wenn man den Bau dieses Theiles der Erdrinde kennt. Auf einer Unterlage von Granit und krystallinischem Schiefer ruht die ganze Reihe der geologischen Formationen bis zu Jura und Kreide. Mächtige Kalkbänke bilden diese Schichten und bilden damit auch die Unterlage des Nationalparks. Nach Ablagerung der Kreidekalke begann eine Zeit vulkanischer Eruptionen, welche das ganze Gebiet mit Lava und Asche überdeckte. Auf unterirdischen Spalten drangen nacheinander Andesite, Rhyolithe Basalte empor, doch sind die Andesite meist von den Rhyolithen bedeckt und die Basalterruptionen waren sehr geringfügig. Infolge dessen ist das Yellowstonegebiet fast überall mit Rhyolith bedeckt, dessen Lavamassen eine Dicke von über 300 m. erreichen. Allmählig hörte die vulkanbildende Thätigkeit auf, gewaltige Gletscher überzogen das Land und ebneten die Vulkankegel und Kratere ein, und als die Gletscher sich zurückzogen, hinterliessen sie eine sanft wellige Landschaft, eine Hochebene, rings umgeben von den gletscher spendenden Gebirgsketten. Aber ob auch kein feuerspeiender Berg hier mehr brennt, wenn auch nicht Lava- und Aschengüsse aus dem Erdinnern hervorbrechen — so sind doch die unterirdischen Kräfte nicht ganz zur Ruhe gekommen. Ein Netzwerk von grossen und kleinen Spalten durchsetzt die Kalkschichten, und die in die Erde eindringenden Regenwasser begegnen den heissen Dämpfen, welche von unten nach oben streben. Sie verbinden sich mit einander, die überhitzten Wasser lösen den Kalk des Grundgebirges auf, und kommen als heisse kalkhaltige Quelle zu Tage. Das Wasser sprudelt, kühlt sich ab und verdunstet. Der Kalk wird ausgeschieden und setzt sich um die heisse Quelle zu Boden. Algenrasen überziehen das Quellenbassin, unbekümmert um die bis 70° C. hohe Temperatur des Wassers. Auch sie scheiden auf organischem Wege Kalk aus dem Quellwasser ab, und so baut sich um die Quellen ein mächtiges Lager von Kalksinter auf.

Bei Mammuthotsprings sehen wir einen weissen Sinterstrom wie einen Gletscher aus dem bewaldeten Thal hervordringen. Fast 200 m. über uns beginnt er mitten unter dunkelgrünen Fichten, dann stürzt er wie ein Wasserfall in grossen und kleinen Alabastercascaden 1 km. breit in die Tiefe. Ueberall dampft das siedende Wasser, lustig flatternde weisse Wölkchen heben sich von dem blauen Himmel ab, und wie an den Cascaden von Wilhelmshöhe, so rinnt das Wasser auf

der Vorderwand jeder Stufe rieselnd herab. Langsam ersteigen wir auf vielgewundenem Pfad den Kalksinterberg. Alle Felsen sind morsch, dumpf dröhnt der Boden unter unserm Schritt. Einen Fuss oder einen Meter hoch erheben sich die halbkreisförmigen Sinterbecken übereinander. Ihr Rand ist mit Rippen und Wulsten verziert und glatt wie das zarteste Porzellan. Das Becken ist erfüllt von klarem krystallreinem Wasser und je nachdem rother Eisenocker, grüne Algenrasen oder tiefes kochendes Wasser die Bassins erfüllen, leuchten sie uns in gelbrothem, smaragdgrünem oder tiefblauem Glanze entgegen. Endlich haben wir die Höhe erreicht und sehen ein System wassererfüllter Becken von den buntesten Farben, eingesenkt in die gelbweisse Sinterfläche. Das mittlere Becken ist zart himmelblau, darin sprudelt und perlt das heisse Wasser unruhig empor, die Ränder sind mit olivgrünen Algenrasen malerisch umsäumt. Ein anderes Becken ist gelbroth, sein Boden ist bedeckt mit fingerförmigen Kalkzapfen, deren weisse Spitzen die Wasserfläche berühren. Ueberall dampft und rauscht und brodelnd und rieselt das klare Wasser und strömt unaufhaltsam dem Terrassenabhang zu, auf dem wir heraufgestiegen sind. Wir treten an den Absturz und sind aufs Neue überrascht durch das farbenreiche Bild. Von oben sehen wir in alle die Wasserbecken hinein, deren Ränder wir beim Aufstieg bewunderten. Halbmondförmig schliesst sich ein Becken an das andere an; bald blendendweiss, bald braunroth, hier hellgrün, dort smaragdgrün, himmelblau oder ultramarin fügen sich die Wasserbecken aneinander, und das farbenreiche Bild wird umrahmt vom ernsten dunkeln Fichtenwalde. Nun verfolgen wir, wie mannichfaltig die Ursache und die Form der Sinterabscheidung ist. Auf dem einen Becken schwimmen papierdünne, durchscheinende Kalkblättchen, entstanden durch die Wasserverdunstung, sie werden schwerer, sinken unter, und am Boden bildet sich ein blättriger Kalksinter. Kleine Dampfblasen schweben langsam in dem Wasser empor. Sie umgeben sich mit zarten Kalkhüllen und eine Schicht zerbrechlicher Kalkkugeln von Erbsengrösse bedeckt den Boden. Hier sprudelt die Quelle lustig empor und umgibt sich mit einem Kegel weissen, dichten Sinters, dort rieselt das Wasser über den zarten Spitzensaum dichter Algenrasen, und während die Algenfäden nach oben weiter wachsen, inkrustirt sich ihr unterer Theil mit stengeligem Kalkabsatz.

Bei Mammuthotsprings sehen wir als Unterlage der heissen Quellen eine Serie mächtiger Kalkbänke. Aus ihnen stammt der Kalksinter, dessen Bildung wir betrachtet haben. Die Bildung desselben begann schon vor der Eiszeit, und man hat berechnet, dass zu dem Absatz der Sinter von Mammuthotsprings 25 000 Jahre nöthig waren.

Wir verlassen das kalkige Grundgebirge und gelangen auf die Rhyolithdecke, welche über den Kalk weggebreitet ist. Am „Goldenen Thor“ sehen wir Lavafelsen, am Bibersee einen Strom vulkanischen Glases, und bald sind wir auf der Höhe des Rhyolithplateaus, das sich bis zu dem fernen Fuss der Gebirgskette erstreckt. Hier müssen die aus dem Erdinnern aufsteigenden Dämpfe nicht nur die Kalkschichten, sondern darüber noch eine 300 m dicke Lavadecke durchdringen, ehe sie an die Erdoberfläche gelangen. Am Yellowstonecañon haben wir Gelegenheit zu sehen, welche Einwirkung diese Dämpfe auf das kiesel-säurereiche Gestein haben mussten.

Das 300 m tiefe Thal, das wir in einer Länge von 8 km überschauen, besteht aus schwefelgelben, rothbraunen, braunrothen und ziegelrothen Felsen und Schutthalden, welche steil, oft beinahe senkrecht, und vegetationslos emporsteigen. Wohl dringt von oben der Wald in einzelnen dunkelgrünen Zungen an den hellgelben Gehängen hinab, wohl klettert vom Fluss, aus der Tiefe, die Vegetation in schmalen Streifen muthig an den Felsen herauf, aber die grossen Flächen des malerischen Bildes entbehren des grünen Pflanzenschmuckes und prangen in den natürlichen Farben der zersetzten Rhyolithfelsen. Zacken und spitze Nadeln härterer Felspartien sind von der Verwitterung ausgespart und ragen kühn aus den Abhängen hervor. Wie die Zähne eines Sägeblattes sehen wir scharfe Felsengräte vom Fluss beginnen und emporsteigen bis zu dem Waldessaum.

Betrachten wir jetzt mit geologischem Blick die Felswände, so sehen wir ein Netzwerk schwefelgelber Adern dieselben von unten bis oben durchziehen. Es sind die Spalten, auf denen die Zersetzung des Rhyoliths am weitesten gediehen ist. Das einstmals feste Lavagestein ist morsch und bröckelig, locker und zerreiblich geworden, und die Analyse zeigt uns, dass sehr bedeutende chemische Veränderungen in demselben vor sich gegangen sind. Vor allen Dingen erkennen wir, dass ein Theil der Kieselsäure aus dem Gestein entfernt und weggeführt worden ist. Wir müssen weiter reisen, wenn wir sehen wollen, wo diese Kieselsäure hingekommen ist. Eingesenkt in die Hochebene sind einige grössere Thalmulden. Wir nähern uns durch schönen Fichtenwald dem „Norris Basin“, und nachdem wir einen flachen Bergücken überschritten haben, liegt vor uns eine blendend weisse Fläche, vielfach eingreifend in den umgebenden Wald. Das 2 km breite Thal scheint eine Reihe von Hüttenwerken zu enthalten, denn überall dampfen und qualmen weisse Rauchwölkchen empor. Wir kommen näher, da erhebt sich aus einem meterhohen weissen Kegel ein Wasserstrahl, springt 10 m mit eleganter Fontaine in die Höhe, sinkt wieder in sich zurück, und wenn wir den weissen Kegel näher betrachten, so sehen wir auf seiner Spitze ein 50 m breites Loch, das sich nach unten in einen wassererfüllten Kanal fortsetzt. Die weisse Fläche, welche den Boden bedeckt, ist Kieselsinter, in dem Hunderte von heissen Quellen sprudeln, während eine Anzahl Sinterkegel die Geysirmündungen darstellen. Man zählt im Nationalpark 84 Geysir und 4000 heisse Quellen, welche in einzelne Bassins vereinigt angeordnet sind.

Die Dämpfe des Erdinnern, welche durch Spalten der Erdrinde emporgedrungen sind, ziehen auf engen und weiten Klüften durch die 300 m dicke Rhyolithmasse. In ihr begegnen sie den von oben eindringenden, im Gestein circulirenden Gewässern, erhitzen dieselben und geben ihnen die Kraft, die Rhyolithe intensiv zu verändern und zu zersetzen. Beladen mit der aufgelösten Kieselsäure, erreichen sie als beständig fliessende heisse Quelle, oder als intermittirend aufschäumender Geysir die Erdoberfläche. Theilweise durch Verdunstung und Abkühlung des Wassers, theils unter Mitwirkung von Algen scheidet sich die Kieselsäure aus, und so ist die Erdoberfläche in der Umgebung der Geysire bedeckt mit weissem Kieselsinter. Diese Kieselscheidung erfolgt viel langsamer als die Kalksinterbildung von Mammothsprings, welche wir oben schilderten, und so können wir alle

Stadien der Geysirbildung nebeneinander verfolgen. Ein sehr junger Geysir ist der „Monarch“. Hier dringt das Wasser direkt aus unregelmässigen breiten Klüften des zersetzten Rhyolithgesteins. Kein Sinter ist noch abgesetzt und das Kanalsystem dadurch noch nicht verkleidet.

5. Indem die heissen Wasser jahrelang aus ihrem Schlund emporringen, zersetzen und erweichen sie immer mehr das Gestein, und so entstehen jene Schlammgeysire, wie sie öfters beobachtet werden. Südlich vom Cañon kann man einen Mudgeysir in voller Thätigkeit sehen. Wenige Schritte abseits von der Strasse ist ein höhlenartiger Trichter von 10 m Durchmesser, in dessen Innerm ein bleigrauer Schlamm unruhig brodelnd und kocht. Ueber dem Höhleneingang hängt halbvertrockneter grauer Schlamm in Fetzen herab, und giebt dem Ganzen einen überaus widerlichen Charakter. Mit einem Male beginnt es in dem Schlammkessel zu wallen und zu poltern, gewaltige Dampfblasen steigen auf und, indem sie zerplatzen, werfen sie Schlamm nach allen Seiten. Dann bricht eine wahre Salve von Unrath und missfarbigem Schlamm mit infernalischem Getöse hervor und schleudert den kochenden Schlamm rings umher. Gar mancher Geysir, welcher jetzt schönes klares Wasser in eleganten Springbrunnen emporsteigen lässt, hat voreinst schlammig trübes Wasser von sich gegeben, ein Beweis, dass der Geysir seinen eigenen Schlot erst reinigen und mit Sinter überkleiden muss, ehe er seiner Vollendung entgegengeht. Fertige Geysire beobachtet man in allen Dimensionen; von dem kleinen Modeloder Minut-Geysir, der alle Minuten eine zwei Fuss hohe Fontaine auswirft, bis zu der Giantess, welche alle 14 Tage „spielt“ und dabei eine 30 m hohe Wassersäule emporsendet. Wechselnd wie die Länge der Ausbruchperioden ist auch die Form und Grösse der Sinterkegel. Der Oblong-Geysir erhebt sich aus einem flachen Wasserbecken, während der Castle-Geysir einen 30 m breiten und 6 m hohen Kieselkrater um sich aufgebaut hat. Der Giant steigt in einer einzigen Wassersäule empor, der Grotto sendet kochende Wasserstrahlen launenhaft durcheinander, während der Excelsior eine gewaltige Garbe von Wasserstrahlen gen Himmel steigen lässt.

II. Die Erosion vulkanischer Berge erfolgt an jüngeren Vulkangebieten anders als an älteren Vulkanen. Denn die jedem Reisenden wohlbekannte Armuth an Quellen, welche jüngere, frisch entstandene Vulkane aufweisen, ist der Grund für die Seltenheit continuirlicher Wasserläufe. Die Regenwasser, welche am Vulkanberge herniederstürzen, transportiren grosse Mengen von verwittertem Material und unverkitteter Asche ein Stück bergab, dann versiegt aber das Wasser in dem lockeren Untergrund. Nur ältere, durch lange Verwitterung thonreich gewordene Vulkane haben zahlreiche Quellen und dauernde Wasserläufe auf ihren Abhängen. In dem Maasse, wie der Vulkan altert, mehren sich die dauernden Wasserläufe, und transportiren grosse Mengen von Gesteinsschutt zu Thale. Die durch Verwitterung oder Unterwaschung gelösten Lavablöcke werden entkantet und gerundet, und füllen das Bett des Baches mit groben oder feineren Geröllen. Tief schneiden sich die Gerölle durch Corrasion in den weichen Tuffboden und bilden schmale Erosionsrinnen, begrenzt von steilen Wänden. Am Nordabhang der Somma kann man erkennen, dass diese Erosions-

thäler in der Regel zwischen Lavaströmen dahinfließen, weil die nicht von Lava geschützten Tuffmassen der Erosion weniger Widerstand leisteten. So bedecken sich die Flanken der Vulkankegel mit radial ausstrahlenden Erosionsrinnen, welche durch den Lauf der Lavaströme oft sichtlich präformirt sind, und die als Barrancos bezeichnet werden, wenn sie die ganze Kraterwand durchschneiden. Bei Pawenang¹⁾ ist das Bett des Tji-Manuk mit Millionen von vulkanischen Geschieben erfüllt, über und zwischen welchen das trübe lehmige Wasser schäumend dahinstiebt. Nach starkem und anhaltendem Regen tritt der Fluss über seine flachen Ufer, die etwa 1,5 m hoch sind, und verwandelt die ganze Umgegend in einen See. Es scheint, dass diese ganze Ebene aus einem über 6 m mächtigen Lager von Geschieben, oder mehr oder weniger abgerundeten Gesteinstrümmern gebildet ist, das in vielen Aufschlüssen ansteht. Neben den gröberen Geröllen bilden sich an anderen Stellen sandige Schichten und Lehmager, entstanden durch die Saigerung der vom Flusswasser herabgeführten Massen. Die Länge der Flussläufe und die Neigung des Untergrundes bestimmen hierbei die Anordnung und Vertheilung der Ablagerungen. Erloschene Eruptivkrater, maarähnliche Explosionsbecken oder durch Lavaströme abgedämmte Thalerweiterungen geben Veranlassung zur Bildung 6. von Kraterseen, die vielfach als Sammelbecken für die Bäche und ihr transportirtes Material dienen. Der Nemisee zeigt an seinem Nordende ein flaches Delta, welches allmählig vorrückend den ganzen See auszufüllen droht. Am Tangkubau-prau auf Java sind die flachen Abhänge des Kraters von tiefen Furchen und kleinen Thälern durchschlängelt, die das Regenwasser in ihren lockeren Schuttmassen ausspült, und die alle nach der Mitte des Kraters convergiren, wo das Regenwasser zu kleinen Seen anschwillt, welche, durch die aufsteigenden Dämpfe und Gasarten erhitzt, in brodelnder, scheinbar kochender Bewegung erhalten und mit vulkanischer Asche vermengt, zu Schlammputzen, zu heissen Morästen von aschgrauer Farbe, die hier und da ins Gelbliche spielt, umgeschaffen werden.

Auf dem Boden des Askjakraters fand THORRODSEN einen 3 km breiten See. In einem benachbarten kleineren Krater besteht der Grund aus einem bläulichgrünen Thonbrei, welcher beständig brodelte.

Die kleineren, „Paintpot“ genannten Schlammbecken im Yellowstonepark sind mit weissem, gelbem oder röthlichem Thonbrei erfüllt.

7. Die Telega Bodas auf Java ist ein Alaunsee, dessen milchweisse Farbe von schwefelsaurer Thonerde herrührt, die als feines Pulver den Seeboden bedeckt.

8. Schlammige Moräste und Seen sind auf Java weitverbreitet. Der Schwefelsee Kawah-Patua enthält ein weissliches Sediment, bestehend aus zersetztem Trachyt und Alaun. Alle Lava, die am Ufer gefunden wird, ist durch saure Dämpfe und saures Wasser zersetzt.

9. Bei²⁾ solchen Vulkanen, welche Kraterseen und Schlammbecken besitzen, bilden sich während heftiger Eruptionen Spalten in den Seewänden, und die auf ihrem Boden befindliche Schlammmasse strömt als Schlammstrom zu Thal. Wenn gleichzeitig starke Regenmengen

1) JUNGHUHN, Java, II, S. 420.

2) JUNGHUHN, Java, II, S. 717, 112, 121, 320, 493, 639.

herniederstürzten und die Seebecken anschwellen, dann verheeren diese „Schlamlaven“ das umliegende Land auf weite Entfernung. Am 8. Oktober 1822 ergoss sich vom G. Gelungung ein Schlammstrom, der mit heissem Wasser und Steintrümmern vermengt war, alle Dörfer im Umkreis überströmte und in einen dampfenden Pfuhl von blaugrauer Farbe verwandelte, der mit Kadavern von Menschen und Thieren, mit Häusertrümmern und zerbrochenen Baumstämmen übersät war. Wild brachen durch diese Schlamm- und Trümmermassen die Bäche Tji-Kunir und Tji-Wulan hindurch; sie waren zu tobenden Fluthen angeschwollen, die Alles auf ihrer Bahn zerstörten. Das Terrain war 12–20 m hoch mit Auswurfsmassen bedeckt.

Da viele Schlammmassen, direkt aus dem Krater geschleudert, in der Umgebung niederfielen, so blieben manche Dörfer verschont, während andere benachbarte Orte verwüstet wurden. Das weitere Vorrücken dieser Trümmermassen ist mit der Bewegung eines Bergschliffs zu vergleichen. Die scharfeckige Beschaffenheit fast aller Trümmer beweist, dass die Corrasion nicht gross gewesen ist, und dass dieselben durch schlammiges Wasser in der Schwebe gehalten wurden.

Am G. Merapi schollen am 5. Januar 1823 die Bäche auf der West- und Südwestseite ausserordentlich an, und mit einem ungeheuren Getöse wälzten sich in den tiefen Klüften derselben dampfende Fluthen von heissem Wasser, das mit Asche, Sand und Gesteinstrümmern erfüllt war. Vielfach traten diese Schlammströme über die Ufer aus.

Am G. Kelut strömten bei grösseren Eruptionen ungeheure Schlammströme aus; das Wasser war gelb und schien viel Schwefelsäure zu enthalten. Nachdem das Wasser vertrocknet war, bildeten sich öde Sandflächen.

Der schiffbare Fluss Kali-Brantes, der alle Bäche des G. Kelut aufnimmt, schwoll ungeheuer an, und wälzte eine solche Masse ent wurzelter oder abgebrochener Baumstämme nebst todten Büffeln, wilden Stieren, Affen, Schildkröten, Krokodilen und Fischen mit sich fort, dass eine grosse Brücke davon hinweggeführt wurde. Das Wasser war schwarz, lauwarm und stank nach Schwefelwasserstoff.

III. Ein wichtiges Transportmittel für vulkanische Aschen ist die Deflation, deren Wirkung man von Island bis nach Java leicht beobachten kann.

10. Auf Island¹⁾ werden Sandstürme oft dem Reisenden gefährlich. Der Flugsand wird schon durch den leisesten Windstoss aufgetrieben, füllt Augen und Ohren, und dringt überall ein. Auf den Sandebenen täuscht die Fata morgana Seen und Häuser vor. Einen sicheren Beweis für die Gewalt der Südstürme boten die harten Doleritklippen, in welche auf der Südseite tiefe unregelmässige Furchen eingravirt waren infolge des steten Anschlagens von kleinen Steinen, welche der Wind gegen die Oberfläche der Felsen antreibt. Durch einen Sandsturm wurde die Luft so verdunkelt, dass man nur wenige Schritte weit sehen konnte. Kies und kleine Steine schlugen den Reisenden beständig um die Ohren. Die Flugsandebene war 20 km lang. Häufig

1) THORODDSEN, Eine Lavawüste im Innern Islands. Petermanns Mitth., XXXI, 1885, S. 284, 287, 290, 291, 293, 329, 330, 332.

sind kleine Wirbelwinde, welche in grossen Kreisen über die Ebene fegen. Flugsand bedeckt oft die raue Oberfläche der Lavaströme und bildet eine horizontale Auflagerungsfläche. Manche Seen, z. B. der Svartarvatn, werden durch Flugsand ausgefüllt.

Auf Java bereiste JUNGHUHN¹⁾ das Sandmeer Dasar. Unaufhörliche Sandwolken umhüllten die Expedition, und der Weg war nur nach Steinhäufen zu verfolgen, die zu diesem Zweck aufgeschichtet sind. Am G. Tengger ist der Sandboden stark erhitzt und der das ganze Jahr wehende Ostwind treibt eine Menge Sandwolken wirbelnd auf. Die Oberfläche des Sandes ist dunkelgrau und von kleinen Rippelmarken bedeckt. Bei trockenem Wetter heben vertikale Luftströme den Sand empor; dann sieht man Sandhosen an ein Dutzend Stellen zugleich durch das Sandmeer wirbeln und sich mit grosser Schnelle fortbewegen. Kleine Sanddünen entstehen hier und da, die Wege verwehen vom Flugsand, und alle Spuren verschwinden. Am G. Merapi ziehen zahllose Sandhosen über die verödeten Sawahflächen.

IV. Eine dritte Transportkraft liefert die Exaration. Gletscher bedecken grosse Flächen auf polaren Vulkanen, und sogar dem tropischen Kilimandscharo sind sie nicht fremd.

11. Am ²⁾ Ende des Gletschers, der zwischen Eyjafjalle-Jökull und dem Myrdals-Jökull auf Island liegt, strömt ein grosser Gletscherstrom heraus, dessen weisses Wasser nach Schwefelwasserstoff riecht. Ununterbrochen werden die Endmoränen von reichlichen Wassermengen durchspült, ausgewaschen, umgelagert und schliesslich vollständig in geschichtete Massen verwandelt, denen auch dann noch nicht die geschrammten Geschiebe vollständig fehlen. Abgeschliffene und geschrammte Felsoberflächen finden sich an zahllosen Stellen, meist auf hartem Basalt, bisweilen sogar auf festeren Tuffgesteinen. Häufig sind die Schrammen 1 cm tief. Rundhöcker sind im Allgemeinen in den Thälern seltener als auf den Hochflächen; Riesenkessel sind in Island sehr selten. Die isländischen Moränen bestehen aus kleinen und grösseren Geschieben, zwischen denen nur wenig Sand und Schlamm vorhanden ist. Eine recente Endmoräne am Solheima-Jökull hatte folgende mechanische Zusammensetzung:

Körner über 2 mm	49,6 %
„ von 2 — 1 mm	6,8 „
„ „ 1 — 0,5 „	5,7 „
„ „ 0,5 — 0,1 „	10,8 „
„ „ 0,1 — 0,05 „	5,2 „
Staub und feinste Theile	21,9 „

also mehr als die Hälfte bestand aus grandigem Material, doch fand KEILHACK auch Moränen, die sich im äusseren Aussehen in nichts von dem charakteristischen blaugrauen unteren Geschiebemergel unterschieden, abgesehen von dem reichen Gehalt an vulkanischen Gesteinen und dem Mangel an Kalk. Eine solche Moräne enthielt:

1) JUNGHUHN, Java, II, S. 558, 572, 584, 295.

2) KEILHACK, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1886, S. 444, 435.

Körner über 2 mm	7,4 %
„ von 2 — 1 mm	6,9 „
„ „ 1 — 0,5 „	13,8 „
„ „ 0,5 — 0,1 „	26,9 „
„ „ 0,1 — 0,5 „	20,2 „
Staub und feinste Theile	24,8 „

Auf den Hochflächen Islands sind die grösseren echten Grundmoränen nicht in grösseren zusammenhängenden Decken entwickelt, sondern zum grössten Theil durch die Schmelzwasser des Eises aufgearbeitet und zu geschichteten Sanden umgelagert, innerhalb deren nur untergeordnete kleine Partien von echten Moränen sich finden. Echte Endmoränen sind selten. Dagegen sind Moränenseen von länglicher Form leicht von den runden Kraterseen zu unterscheiden. Vor dem Gletscher von Fúlilackr, dem ein reissender Strom entspringt, lag ein Aås etwa 15 m hoch, rechtwinklich zum Ende des Gletschers und mehrere hundert Schritt parallel mit dem Flusse laufend. Dieser Geröllrücken war nach wenigen Jahren verschwunden. Die ¹⁾ Ausbrüche des Vatna-Jökull sind jedesmal von grossartigen Veränderungen des Skeidararjökullgletschers begleitet gewesen, welcher stets geschmolzen ist, und die 20 km breite und 30 km lange Sandebene Skeidararsandur überschwemmt hat.

Durch das Zusammenwirken von Schmelzwasser, Wind und Eis entstehen in den polaren Vulkangebieten sehr complicirte Ablagerungen und Denudationserscheinungen. Am Vatnajökull sind die Gletscherschrammen oft ganz beseitigt durch die Furchen, welche der treibende Sand geschliffen hat. Die zahlreichen trüben Gletscherbäche führen eine Menge Schlamm hinab ins Tiefland, und längs des ganzen Gletscherandes finden sich gelbliche schlammige Lehmflächen, bisweilen auch grobkörnig und mit Blöcken besäet. Der Wind wirbelt hier Sandwolken auf und so wird dasselbe Sandkorn erst durch Exaration, dann durch Erosion, endlich durch Deflation transportirt, oder wird sogar endlich im Brandungsgebiet ein Spiel der Abrasion. Wenn man längs des Gletscherandes reist, so versinken bald die Pferde bis an den Bauch in Schlamm, dann verwunden sie sich wieder an scharfen Lavazacken während sie sich durch den Gletscherschlamm hindurcharbeiten, oder sie müssen sich ihren Weg durch blockbedeckte Bachbetten suchen — kurzum die Mannigfaltigkeit der Ablagerungen ist eine überaus grosse.

Die Vulkane der gemässigten und tropischen Zone sind nur selten durch Gletscher ausgezeichnet, doch begegnen wir solchen im tropischen Afrika. Am Kilimandscharo ²⁾ kommen Oberflächenmoränen auf dem Eis nicht vor, weil über demselben keine Felspartien stehen, von denen der Schutt auf den äusseren Mantel herabfallen könnte. Wohl aber finden sich vom Grundeis gebildete Endmoränen und mehrfach Spuren von Gletscherschliff an den Felswänden, insbesondere in einem Thal unter dem Ratzelgletscher, wo die wild durcheinander gewundene Fladenlava 10 m über der Thalsole durch lange oberflächliche Einschnitte, welche dem Thalgrund parallel laufen, gleichmässig geritzt ist.

1) THORODDSEN, Petermanns Mitth. 1885, S. 333, 337.

2) HANS MEYER, Ostafrikanische Gletscherfahrten, S. 277.

12. Von organischen Ablagerungen begegnen wir Humuslagern. Der Lavastrom ¹⁾ des Bardarthaes auf Island ist 110 km lang. Am Vulkan ist er noch vollständig vegetationslos, dann kommen 25—30 km, wo etwas Moos, einige Grashalme und etwas Zwergweiden fortkommen, und von da nimmt die Vegetation immer mehr zu, bis bei Lunda-brekka ein ziemlich dickes Torflager oben auf der Lava ruht. Bei Reykjanes bildet *Racomitrium lanuginosum* eine Humusdecke.

Ausgedehnte Humuslager findet man auch auf anderen Vulkan-gebieten, besonders reichlich in Java ²⁾. Auf dem G. Slamut bildet vermoderter Humus und zersetzte vulkanische Asche eine fruchtbare schwarzgraue Bodenart. Weite Strecken des Kesselthales Ambarawa scheinen aus Moorgrund zu bestehen und eine erhärtete Torfkruste von 2—7 m auf noch weichen moorigen Massen zu tragen. Im Jahre 1838 ereignete sich ein Durchbruch des breiartigen Moores, das mit Trümmern halbvermoderter Baumstämme bedeckt war, durch eine Stelle der Torfkruste wo diese 2—3 m dick und aus lauter dünnen parallelen Schichten zusammengesetzt war. Der Ausbruch geschah mit Getöse plötzlich des Nachts und erhob das ebene Land um 10 m, während aus dem Centrum des Moosberges der schwarze Humusbrei hervorquoll. Die senkrecht abgebrochenen geschichteten 2 m dicken Wände der Kruste fielen wie die Schichten eines „Erhebungskraters“ nach aussen, doch war die Rinde auch am Rande vielfach von Spalten zerbrochen. Oestlich von Seragen begegnet man fruchtbaren Graswäldern und einem nussbraunen bis schwarzen Boden, der durchnässt ein feiner Schlamm ist, getrocknet aber eine harte Kruste bildet. Am Fuss des G. Semeru sind viele Urwälder, in denen der Fuss bis zum Knöchel in breiigen Humus einsinkt.

Eine besondere Art vegetabilischer Ablagerungen sind auch die bei vulkanischen Eruptionen verwüsteten Wälder der javanischen Vulkane. Die Wälder ³⁾ unterhalb Kandang Badak mit 20 m hohen Bäumen sind strichweise umgeworfen und bilden lange, ziemlich schmale Streifen von Bäumen, die in der Regel mit der Wurzel ausgerissen, selten über der Wurzel abgeknickt sind; nur wenige sind blos um 45° gebogen. Alle Bäume sind bergab gefallen und wurden jedenfalls durch den Sturm umgebrochen.

Humusreiche Ablagerungen mit regelmässiger Schichtung bilden sich jedenfalls auch in vielen Kraterseen, und wenn man im Herbst am Lago d'Agnano die grossen Mengen Blätter von den Bäumen herabfallen und in den See sinken sieht, so versteht man, wie leicht hier dunkle kohlige Thonabsätze gebildet werden.

In keinem Faciesgebiet ist die Diagenese und Metamorphose der gebildeten Ablagerungen eine so starke, wie auf vulkanischem Boden. Die Wirkung der Fumarolen und Solfataren, die heissen Dämpfe und heissen Quellen zersetzen und verändern vielfach die chemische und physikalische Beschaffenheit der dort gebildeten jungen Gesteine. Die Kontaktmetamorphose verändert nicht nur unvulkanische Nebengesteine, sondern ebenso Laven und Tuffe, und bildet neue Produkte. So können mehrere hundert Meter mächtige Ablagerungen ver-

1) THORODDSEN, l. c., S. 290.

2) JUNGHUHN, Java, II, S. 169, 262, 530.

3) JUNGHUHN, Java, II, S. 31.

ändert werden und ihre ursprünglichen Eigenschaften gegen sekundäre Charaktere eintauschen. Ein ausgezeichnetes Beispiel, um die Intensität derartiger Metamorphosen zu erkennen, bietet das 300 m tiefe Cañon des Yellowstoneflusses in Nordamerika, von dem wir schon S. 824 berichteten. Das Thal, das wir auf eine Länge von 8 km überschauen, besteht aus schwefelgelben, rothbraunen, braunrothen und ziegelrothen Felsen und Schutthalden, Zacken und Felsnadeln, zwischen denen der dunkelgrüne Wald von oben in schmalen Zungen herab, und grüne Moospolster vom Ufer des Flussbettes heraufdringen. Die ganze Gesteinsmasse ist zersetzter Rhyolith. Das geübte Auge vermag wohl Gänge von Decken, Laven von Tuffschichten zu unterscheiden, aber im Allgemeinen sind alle diese verschiedenen Gesteine durch Verwitterung und Metamorphose so gleichartig geworden, dass man sie als eine einheitliche strukturlose Masse zu betrachten geneigt ist. Ein Netz schwefelgelber Adern durchzieht die Felswände und zeigt uns die Wege, auf denen die Zersetzung ihre Arbeit begann, und wo diese am weitesten vorgeschritten ist.

Nördlich der Solfatara bei Neapel ist ein Trachyttuff durch die Einwirkung vulkanischer Dämpfe zu einem blendend weissen Thongestein zersetzt, in dem der Eisengehalt als kugelige Concretionen vertheilt erscheint.

Ebenso wenig wie ein Wirbelthier mit allen seinen Weichtheilen fossil zu werden pflegt, so wenig werden Vulkane in demselben Zustand, wie sie gebildet wurden, in die Erdschichten fossil eingefügt. Mehr als bei irgend einem anderen Faciesbezirk spielt die nachträgliche Denudation eine massgebende Rolle, und verändert die Form und Gestalt der Ablagerungen so gründlich, dass fossile Vulkane als solche ungemein schwer wieder zu erkennen sind. Es besteht nicht nur zwischen Lava und Tuff ein wesentlicher Härteunterschied, sondern die Lavaströme selbst sind an verschiedenen Stellen ihrer Länge verschieden fest. Die glühende Beschaffenheit des Lavastromes bringt es mit sich, dass, wenn der Nachfluss von Magma aus der Eruptivspalte aufhört, doch das Vorderende des Stroms noch weiter fliesst, und infolgedessen das dem Krater zugewandte Ende schliesslich nur aus der verhärteten Rinde besteht, aus welcher das noch flüssige Innere weiter floss. Nur das Stromende ist also unter allen Umständen eine kompakte Lavamasse, nur dieses bleibt erhalten, wenn die Denudation längst den proximalen Theil des Stromes zerstörte.

Tuffschichten werden leicht denudirt; nur wo sie im Schutz einer Lavadecke liegen, da bleiben sie lange erhalten, und man wird also an einem fossilen Vulkan die Tuffschichten unter den Lavadecken zu suchen haben. Fest und unverwüstlich dürfte besonders der Vulkankern sein, d. h. jene Lavamasse, die nach dem Aufhören der eruptiven Thätigkeit am Grunde des Kraters, im Innern des Aschenkegels erstarrte; und so bleiben von einem hohen Vulkanberg schliesslich der Vulkankern, die Stromenden, diejenigen Tuffschichten, welche durch Lava geschützt waren, und die Lavagänge, die bedeutendere Mächtigkeit besaßen, allein übrig; und es ist oft eine schwierige Aufgabe, aus diesen zerstreuten Theilen, durch korrelative Betrachtung recenter Vulkane die Zusammengehörigkeit der Ablagerungen richtig zu ergänzen.

21. Das Litoralgebiet.

Der litorale Faciesbezirk besteht aus dem Strand und der Schorre, und repräsentirt also denjenigen Küstensaum, dessen Ablagerungen unter dem wechselseitigen Einfluss festländischer und mariner Bedingungen entstehen. Das Litoralgebiet gehört zum Festland, denn der Strand ist immer landfest, und an Küsten, welche den Gezeiten unterworfen sind, ist die Schorre nur insoweit ein Theil des Litorals, als sie bei Ebbe trocken liegt.

Wir glauben den festländischen Charakter des litoralen Faciesbezirkes hier besonders betonen zu müssen, weil manche Geologen mit dem Worte „Strandbildung“ die Idee der Wasserbedeckung verknüpfen, und nicht bedenken, dass alle Küsten ohne Fluth und Ebbe einen Strand haben, der nur ausnahmsweise bei hohem Wellengang vom Wasser bespült wird. Der Volksmund bezeichnet mit dem Worte Strand immer ein landfestes Gebiet, und rechnet die Schorre nur dann dazu, wenn sie die Fluth verlassen hat.

Bei Besprechung des litoralen Lebensbezirkes haben wir das Litoralgebiet als den äussersten Grenzsaum des Oceans geschildert, aber dabei doch den marinen Charakter seiner Organismen betonen zu müssen geglaubt. Obwohl sich der Faciesbezirk des Strandes mit dem Lebensbezirk des Litorales geographisch deckt, so erfolgt doch die Bildung der Gesteine im Gebiet des Strandes viel mehr unter dem Einfluss festländischer als mariner Kräfte, und deshalb glauben wir hier den Strand als einen Theil des Festlandes schildern zu müssen. Der marine Charakter des Strandes prägt sich hauptsächlich darin aus, dass er von den Klimazonen wenig beeinflusst wird. Der festländische Charakter des Strandes liegt in dem Vorwiegen von Sedimenten, die wir in den Faciesbezirken des Festlandes verbreitet sehen; und der Sprachgebrauch der mit dem Worte Strand ausnahmslos den äussersten Streifen des Festlandes bezeichnet, unterstützt diese Ansicht.

Wenn eine Küste steil zum Meere abfällt, oder wenn sich an ihr das Wechselspiel der Gezeiten nicht geltend macht, dann scheint die Grenze des Strandes gegen das Meer fest und unverrückbar zu sein, und doch haben uns die Untersuchungen der letzten Jahre auch hierin eines Besseren belehrt. Wir wissen jetzt, dass die Stabilität der Strandlinie eine nur scheinbare ist, dass sie im Laufe der Zeiten beständig auf und ab oscillirt. Da aber hierbei die Breite und Ausdehnung des

Strandes unaufhörlich verändert und verlagert wird, so ist der Facies-bezirk des Strandes der wechselvollste unter allen Regionen der Erdoberfläche.

Das Klima des Litorals wird von meteorologischen und lithogenetischen Faktoren beherrscht, die, vielleicht mit Ausnahme des Polargebietes, über die ganze Erde gleichmässig vertheilt sind; und deshalb sind auch die litoralen Ablagerungen von sehr einheitlichem Charakter.

Am¹⁾ Morgen erwärmt sich das Land rascher als das Meer; die erwärmte Luft über dem Lande dehnt sich nach oben aus, und die Landluft fliesst in der Höhe nach dem Meere zu, wodurch unten eine vom Meer nach dem Lande gerichtete Luftströmung, der Seewind entsteht. Bei Nacht verhält es sich umgekehrt; das Land erkaltet rascher als das Meer; in den höheren Schichten strömt die wärmere Seeluft nach dem Lande zu, und bewirkt eine untere, ausgleichende Luftbewegung vom Lande nach der See, den Landwind.

In den Morgen- und Abendstunden, zwischen dem Windwechsel herrscht Windstille an der Küste, sofern nicht andere Luftbewegungen das Gleichgewicht stören. Dieser regelmässige Wechsel der See- und Landwinde hat zur Folge, dass alle durch die Wellen und die Küstenströmung auf den Strand beförderten Sedimente einer beständigen Reinigung und Aufbereitung unterworfen sind. Aus dem unerschöpflichen Schoosse des Meeres wird sandiger Schlamm, feineres und gröberes Material beständig auf den Strand geworfen. Der Wind entführt die leichten Staubtheilchen, und so ist das vorherrschende Sediment des Strandes ein reiner, staubfreier Sand, der sich zu hohen Dünen aufbaut.

Der Strand umfasst aber gleichzeitig jenes Gebiet, das der Schauplatz der Abrasion ist. Beständig arbeiten die Wellen modellirend und verändernd an der Küste, schaffen hier aus dem felsigen Ufer ein Trümmerfeld grober Blöcke, dort eine mit runden Geröllen bedeckte Fläche, und neben dem sandigen Flachstrand begegnen wir in geschützten Buchten feinem mehligem Lagunenschlamm.

Der Strand ist die Pforte für den Eintritt festländischer Verwitterungsprodukte. Wind und Wasser und Gletscher tragen ungeheure Massen fester Bestandtheile dem Meere zu, und liefern das Material für viele mechanische Ablagerungen.

Im Polarlande tragen die Gletscher in ihrer Grundmoräne grosse Mengen von Gesteinsschutt ins Meer, auch Seitenmoränen wurden von v. DRYGALSKI²⁾ in Grönland mehrfach beobachtet.

Das Treibeis³⁾ kann ebenfalls an polaren Küsten den Schutt des Strandes meerwärts verfrachten.

Sodann spielt an allen Küsten der Erde vom Pol bis zum Aequator die Deflation eine wichtige Rolle für den Transport festländischen Materials nach dem Meere.

Endlich tragen alle Flüsse grosse Mengen von Sand und Schlamm in den Ocean hinein, und häufen unter dem klärenden Einfluss des

1) HANN, Klimatologie, S. 106.

2) v. DRYGALSKI, Zeitschr. der Ges. für Erdkunde. Berlin 1892, No. 1, S. 20.

3) HARTMANN, Einfluss des Treibeises auf die Bodengestalt der Polarländer, Diss. Leipzig 1891, S. 60 f.

Salzwassers diese Sedimente an ihrer Mündung zu ausgedehnten Deltas an.

Reich ist das organische Leben des Litorals, weil sich hier, wie wir S. 87 und 94 geschildert haben, Geobios und Halobios vermischen. Viele Litoralformen sind überaus euryhalin und eurytherm. So fand STUXBERG¹⁾ im Karischen Meer folgende Formen sowohl im $-2,7^{\circ}$ kalten salzigen Bodenwasser, wie in dem $+12^{\circ}$ warmen beinahe süßem Wasser des Dicksonhafens: *Mysis* sp. *Diastylis Rathkei* Kr. *Idothea entomon* L. *Idothea Salinei* Kr. *Lysianassa* sp. *Pontoporeia setosa* Stbry., *Halimedon brevicar* Goes, *Molgula* sp. *Yoldia intermedia* M. Sars, *Yoldia* (?) *arctica* Gray und *Solecurtus* sp.

Ein besonders günstiges Feld ist das Litoralgebiet für die Entstehung von Bewegungsspuren, Kriechspuren u. s. w. Durch die Untersuchungen von NATHORST²⁾ hat sich herausgestellt, dass viele, als „fossile Algen“ beschriebene Skulpturen weiter nichts, als derartige Spuren sind.

I. Die mechanischen Ablagerungen des Strandes sind in erster Linie Produkte der Abrasion. Selbst der härteste Fels kann den Angriffen der Brandung nicht widerstehen, er wird in grobe Blöcke zerbrochen, diese werden durch die Wellenbewegung zu runden Geröllen und Kieseln abgeschliffen, feinere Theile werden zu Sand, und das feinste Material bildet in stillen Buchten einen thonigen Schlamm.

1. Eine Halde scharfkantiger Felsstücke liegt am Fusse der von der Abrasion bearbeiteten Steilküste, aber die beständige Wellenbewegung rollt und schiebt die Steine durcheinander, entkanktet und enteckt dieselben und rundet sie zu Rollblöcken und Steinkugeln, die von den stürmischen Wellen mit gewaltigem Getöse hin und her bewegt werden. Der Felsenstrand wird zum Blockstrand.

Am eingehendsten sind die Strandwälle und Geröllterrassen der Küsten durch GILBERT³⁾ besprochen worden, und wenn dessen Beobachtungen sich auch wesentlich auf die Küsten der grossen canadischen Seen beziehen, so sind dieselben doch auch typisch für die Verhältnisse der Meeresküsten, denn hier tritt nur das Phänomen der Gezeiten verändernd hinzu.

Die Geschwindigkeit der Wellenbewegung ist eine ziemlich grosse, während gleichzeitig die horizontale Bewegung der Wassertheilchen sehr gering ist. Ein Wassertheilchen nahe der Oberfläche beschreibt bei jeder Welle einen Kreis, kehrt aber nicht genau zum Anfangspunkt zurück, und infolgedessen bewegt sich die Wassermasse langsam vorwärts; daraus ergibt sich eine Strömung gegen die Küste. Häufig ist der Verlauf der Küstenlinie nicht genau senkrecht zur herrschenden Windrichtung, und da durch die oberflächliche Wellenströmung jedes Geröll und jeder Sand an dem Strande in der Richtung der Windströmung hinaufgeschoben, durch die direkt senkrecht herablaufende Rückströmung des Wassers aber wieder dem Meere zu bewegt wird, so

1) NORDENSKJÖELD, Umseglung Asiens und Europas, I, S. 172.

2) NATHORST, K. Svenska Vetensk. Acad. Handl. 1886, Bd. XXI, No. 14.

3) GILBERT, Rep. U. S. Geol. Survey, V, 1885, S. 75.

Monogr. U. S. G. S., I, 1890, S. 23.

ergiebt sich für jedes Geröll ein zickzackförmiger Weg, an der Küste entlang, den man als „Küstendrift“ oder „Küstenstrom“ bezeichnet.

Wenn die von einer Küstendrift begleitete Küste plötzlich endet, und in eine Bucht umbiegt, so folgt die Strömung nicht der Küstenlinie, sondern setzt ihren einmal begonnenen Weg annähernd geradlinig fort, und hört da auf, wo das Wasser tiefer wird. Das Aufhören der Strömung bedingt den Absatz aller transportirten Gerölle oder Sandmassen an dieser Stelle; und so wächst eine schmale Bank, oder eine Halbinsel zungenförmig von der Küstenspitze in der Richtung der Küstendrift ins Meer hinein. Gerade wie bei der Bildung eines Eisenbahndammes, längs des fertigen Dammstückes neue Schuttmassen herbeigetragen und am Ende aufgeschüttet werden, so bildet das Meer einen mehr oder minder geradlinigen Damm weit hinaus von der Küste. Gelingt es dem Damm in geradliniger Fortsetzung jenseits der Bucht wieder die Küste zu erreichen, dann entsteht eine Nehrung, wie wir solche an vielen Küsten beobachten, und die Bucht wird zum Haff, oder zur Lagune.

Größere Gerölle, die der Bewegung der Küstendrift schwerer folgen können, häufen sich am Strande zu einer Schotterterrasse an, welche aus seewärts fallenden Schichten verschieden groben Materials besteht, deren Oberfläche aber stets eine fast horizontale Ebene darstellt. Und solche alte Strandterrassen, verkittet oder locker, sind ein ausgezeichnetes Merkzeichen des einstigen Meeresniveaus.

Die Gerölle sind von sehr verschiedener Form, je nach den Lithoklassen, welche das gerollte Gestein durchsetzten. Während schieferige und dünnplattige Gesteine zu flachen Scheiben umgearbeitet werden, entstehen aus unregelmässig zerklüfteten Felsarten eiförmige oder kugelige Gerölle.

Der Blockstrand ist, wie wir schon S. 98 zeigten, sehr reich an Organismen. Nach Süden, Westen und Osten von Enoshima¹⁾ erstreckt sich eine felsige Terrasse, die von zahllosen Spalten und Löchern durchzogen, bei Ebbe natürliche Aquarien bildet, in welchen Mollusken, Fische, Krebse und Würmer ein abwechslungsreiches und anziehendes Leben entfalten. Fast ganz im Trocknen leben Kolonien von *Ostrca*, *Purpura*, *Neritina*, dazwischen *Chiton* und *Patella*, in den Felsenritzen *Scalpellum* und *Spirula*, während *Reniera* sich krustenförmig ausbreitet.

Weitverbreitet ist der Blockstrand im Polargebiet. Während ²⁾ des durch die kurze Zeit des Sommers hervorgebrachten Tauens stürzen ungeheuer Felsmassen von den Abhängen Nordgrönlands herab. Der „Eisfuss“ bedeckt sich mit grossen und kleinen Steinen, und es ist um diese Zeit oft sehr gefährlich, am Fusse der Felsen zu verweilen.

Der fast alle arktischen Küsten im Winter umsäumende Eisgürtel hält an Steilküsten den Gehängeschutt auf und hindert ihn, direkt ins Meer zu fallen. Dadurch bildet sich hier im Litoralgebiet ein Strandwall. Das Eis presst oft sogar den Küstenboden terrassen-

1) DOEDERLEIN, Faunistische Studien in Japan, S. 111.

1) HARTMANN, Einfluss des Treibeises auf die Bodengestalt der Polargebiete Diss. Leipzig 1891, S. 69 und 36.

artig in die Höhe; Blöcke von 10—20 m Durchmesser werden über die höchste Fluthgrenze hinaufgepresst.

Grössere Blöcke können durch die Wellen nicht weit transportirt werden. Vor¹⁾ der Insel Romö liegt in geringer Entfernung vom Strande, jenseits einer 10 m tiefen Rinne eine blockbedeckte Untiefe. Aber selbst die heftigste Brandung ist nicht imstande gewesen, auch nur einen Block an das Ufer zu bewegen. Nur wenn die Küste im Winter vom Eis blockirt wird, oder das Meer an dem Ufer friert, dann bieten die Eisschollen ein günstiges Transportmittel für selbst schwere Felsblöcke.

Das²⁾ Meerwasser friert vom Grunde aus, indem sich dort kreisförmige Eisscheiben bilden, welche in senkrechter Stellung in die Höhe steigen, und sich an der Oberfläche aneinanderfügen. Beim Herannahen des Frühjahrs zerbricht das Eis in Schollen, und die darin eingefrorenen Blöcke werden leicht so lange bewegt, bis die Eisschollen geschmolzen sind.

Gross ist natürlich auch die Transportkraft der Eisberge für alle Blöcke, die als Moräne ins Eis eingefroren waren und ebenso für die den Strand bedeckenden Felsen.

Eisblöcke³⁾ von enormer Grösse fallen vom Stirnrand des Muirgletschers oft in die Tiefe, in Abständen von 5 Minuten oder über einer Stunde. An einem Tage zählte H. B. LOOMIS 129 Fälle. Bisweilen bricht ein fallender Block in Tausend Stücke und diese ergiessen sich wie ein Wasserfall in das Meer, das kochend aufschäumt; dann bricht wieder ein anderer Eisberg unzerstückelt ab, sinkt in aufrechter Stellung in das Wasser und erzeugt einen donnernden Lärm. Elegant steigt er wieder aus dem Wasser empor, bisweilen 80 m hoch, und von seinen Wänden rinnen Wasserbäche herab, dann neigt er sich zur Seite und stürzt abermals mit Krachen und Donnern in das Wasser, das wie Kometen oder fallende Raketen nach allen Seiten schäumend auseinander spritzt. Während der Eisberg in dem schollenbedeckten Meere wie ein Ungeheuer auf- und niedertaucht, hallen rings die Felsen von dem donnernden Geräusch des Falles wieder.

2. Unmerkliche Uebergänge verknüpfen mit dem Blockstand den Kiesstrand. Gerölle von 1—10 cm Durchmesser bedecken das Ufer, und jede Welle bewegt die leichten Steine, so dass sie mit Klirren und Rauschen sich immer aufs Neue aneinander reiben und sich gegenseitig immer mehr verkleinern. Hierbei ist die Auslese der härteren Felsarten eine leicht erkennbare Thatsache. Am Kiesstrand bilden sich am leichtesten und am charakteristischsten die Strandterrassen mit ebener Oberfläche, und seewärts fallenden Geröllschichten aus. Die Armuth des Kiesstrandes an Organismen wurde schon S. 99 hervorgehoben.

3. Die charakteristischste Facies des Litorals ist aber der Sandstrand. Wenn die Gerölle des Kiesstrandes zwar von den Wellen leicht bewegt und leicht aufgeschüttet werden konnten, so lagen sie doch

1) MEYER, Abh. geol. Specialkarte von Preussen, I, S. 694.

2) K. MOEBIUS, Zeitschr. d. Allg. Erdkunde. Berlin 1865, S. 238.

3) LOOMIS, Americ. Journal 1890, II, S. 333.

immer im engeren Bereich der Wellenbewegung, und sowohl nach der Tiefe des Wassers wie nach der ansteigenden Küste zu, war ihrer Verbreitung rasch ein Ziel gesetzt. Der leichtere Sand bedeckt eine viel breitere Zone, er reicht bis weit hinab unter die Ebbelinie ins Gebiet der Flachsee, und er thürmt sich 50 m über dem Meeresspiegel zur hohen Düne auf.

Fast¹⁾ immer trägt die Küstendrift Sand, und besteht oft ganz ausschliesslich aus demselben. Die Unterströmung wäscht die Thonbestandtheile heraus, welche sonst die Sandkörner zusammenkleben und ihren Transport durch den Wind verhindern würden. Bei Ebbe bläst der Wind ebenfalls alle feineren Staubtheilchen heraus und macht die Sandkörner frei beweglich, so dass sie als Wanderdüne sogar weit landeinwärts vorschreiten können.

Das Material des Sandstrandes ist in der Regel Quarzsand, doch sind andere Sandarten nicht selten. Auf Ischia und bei Sorrent ist Sanidinsand verbreitet.

Am²⁾ Cap Comorin liegt zunächst der Küste eine Zone von reiskorngrossen weissen Quarz und Feldspathkörnern, dann folgen grosse Flächen bedeckt mit reinem Granatsand, endlich Streifen feinen schwarzen Eisensandes. Dieselben Sandarten findet man an den Küsten der Palkstrasse in vielfachem Wechsel nebeneinander.

An der Küste von Torre del Greco ist Olivinsand weitverbreitet. Magneteisensand ist bei Pozzuoli am Strande zu sehen, und Magneteisensande³⁾ gehören an den Ostseeküsten zu den gewöhnlichsten Erscheinungen. Fast an jedem flachen sandigen Ufer, besonders aber in dünenreichen Gegenden beobachtet man nach heftigem Wellenschlag am Strande kleinere und grössere schwarze Flecken und Streifen. So besonders am Priwall bei Pravemünde, und an der Insel Ruden. Auf der Westseite der Düne, 8—10 m von der Wasserlinie entfernt und nahezu 1 m über dem Wasserspiegel war die weisse Düne von 0,5 cm dicken Streifen dunklen Sandes bedeckt. Das Korn desselben hatte 0,2—0,8 mm Durchmesser und es bestand aus folgenden Elementen:

Magnetit	11,1 %
schwach magnetisches Titaneisen	10,5 „
nicht magnetisches Titaneisen und durch	
HCl zersetzbare Silikate	45,7 „
Granat	25,5 „
Epidot, Turmalin, Augit, Amphibol, Olivin,	
Zirkon und Rutil	1,1 „

An⁴⁾ der flachen Küste von Yeddo liegen lange Streifen von Magneteisensand, die bei Kadsura 30 cm dick sind.

An⁵⁾ beiden Seiten der Mündung des Moisieflusses an der Nordküste des St. Lorenzogolfes befindet sich ein Lager von Magneteisensand, dessen Werth auf 50 Millionen Dollar geschätzt wird.

Der Kalkgehalt der Küstengesteine beeinflusst denjenigen des

1) GILBERT, Lake Bonneville. Monogr. U. S. G. S. 1890, S. 59.

2) BRANFILL, Proc. Geol. Soc. India 1885, S. 732.

3) W. DEECKE, Mitth. Naturw. Ver. für Neuvorpommern 1888, Juli.

4) NAUMANN, Petermanns Mitth., Bd. XXV, S. 130.

5) VI. Jahresber. des Vereins für Erdkunde. Leipzig 1866, S. 121.

Strandsandes nur auf kurze Erstreckung. So enthält bei Luc¹⁾ an der Calvadoküste das bewegliche Material des Strandes über 60 % Kalk, an der Seinemündung nur noch 35 %. Die aus der Kreide ausgewaschenen Feuersteinknollen werden immer vorwiegender. Zugleich werden sie zerkleinert. Bei Dieppe bedecken sie den Strand, nach der belgischen Küste zu werden sie kleiner, und bei Calais sind selbst die letzten Feuersteine zu Sandkörnern abgeschliffen.

Im Allgemeinen ist der Sand unter dem Wasserspiegel immer mit Schlammtheilchen durchsetzt, während der Sand des trockenen Strandes ganz staubfrei erscheint.

Wie HAGEN²⁾ u. A. durch Versuche gezeigt haben, modelliren die einen gleichmässig abgedachten Sandstrand treffenden Wellen das Profil desselben in der Weise um, dass sich eine Sandterrasse unter Wasser in das Meer hinaus auflagert, während gleichzeitig der Sand über Wasser zu einem flachen Wall aufgeschüttet wird. Der³⁾ Strand fällt unter einem Winkel von 5–25° gegen das Meer. Wenn nun dieses immer eine neue Schicht absetzt, ohne sein Niveau wesentlich zu ändern, so bildet sich allmählig ein System von geneigten Schichten, welche nach oben von einer discordanten horizontalen Schicht abgeschnitten werden. Aber nur selten ist der Bestand so regelmässiger Litoralschichten andauernd. Jeder Sturm verändert ihre Form und damit auch ihre innere Struktur.

Von⁴⁾ der Südseite der Bakerinsel wird im Sommer aller Sand um die Südwestküste herumgespült und an der Westseite angehäuft, wo er längs des Strandes eine 60–90 m breite Bank bildet, die 2–3 m tief fast die ganze Uferfläche bedeckt. Von Oktober und November an kommen Wogen und Wind aus Nordost und streichen längs der Westküste hin, während die Südküste jetzt geschützt ist. Nun beginnt der Sand wieder von der Westküste nach der Südküste zu wandern, und nach 2 Monaten liegt die grosse Bank auf der Südseite der Insel, bis im Februar die Wanderung von Neuem beginnt.

Man braucht nur irgend ein Segelhandbuch zur Hand zu nehmen, und wird darin eine grosse Anzahl von Beispielen finden, wie rasch sich an manchen Küsten das Fahrwasser ändert und welche Umwandlungen die Gestalt des sandigen Meeresbodens von einem Jahr zum andern erleidet. An dem Beispiel der Adamsbrücke⁵⁾ habe ich derartige Umgestaltungen näher beschrieben.

Jede⁶⁾ an dem Strand verrollende Welle führt Sandkörner mit sich, und setzt dieselben als dünnen Streifen auf die Strandböschung an. Jede folgende thut dasselbe, durchbricht, wenn sie höher hinaufreicht, den vorigen Streifen, oder bildet einen neuen, unterhalb desselben. So entsteht ein ganzes System sich vielfach untereinander abscheidender Bogenlinien, als Grenze der augenblicklichen Wellenbewegung.

1) KELLER, Zeitschr. für Bauwesen, XXXI.

2) HAGEN, Wasserbau; nach KRUEMMEL Ozeanographie II S. 102.

3) FORCHHAMMER, Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 24.

4) PETERMANN'S Mitth. 1863, S. 82.

5) WALTHER, Petermann's Ergänzungsheft No. 102, 1892.

6) BERENDT, Schriften der Ph. Oek. Ges. Königsberg 1868, S. 140.

Die Bewegung¹⁾ des Dünenandes erfolgt in der Art, dass die Körnchen an der Oberfläche zunächst rollen, und indem der Druck des Windes sie dauernd trifft, so beschleunigt sich ihre Bewegung, sie fangen an zu hüpfen, und die Sprünge werden immer ausgedehnter, indem sie bei der jedesmaligen Berührung des Bodens, wie recochettirende Kugeln sich mit nahe gleicher Kraft von Neuem erheben und in derselben Richtung weiterfliegen. Der feine Sand übersprang als eine dichte Nebelwolke den ganzen Hafen von Rügenwaldermünde.

Die²⁾ ganze Westküste von Holstein und Dänemark ist durch zwei Dünenysteme eingefasst, deren inneres einer ehemaligen Küste entspricht, während der äussere Zug das jetzige Meeresufer begleitet. Gegen das Meer sind diese Sandberge häufig senkrecht abgeschnitten und gegen das Land fallen sie oft unter 30° ein. Im Inneren der Dünenregion erkennt man Längsthäler und Querthäler, welche die Sandberge von einander gliedern. In den wasserreichen Thälern findet man einige *Scirpus* und *Juncus*arten, auf der Höhe gedeiht der Sandhafer *Elymus arenarius*, sonst sind sie vegetationslos und werden auch nur von einigen Austernfressern (*Haematopus ostralegus*) und Hasen belebt. Im südlichen Gebiet ist der Quarzsand mit vielen weissen Glimmerblättchen gemengt, im Norden findet man Titaneisen und Granat darin. Die Grösse der Sandkörner ist am bedeutendsten dort, wo die Düne am höchsten ist. Die Form der sich bildenden Düne ist verschieden von der einer niedergebrosenen Düne. Jene hat auf der Luvseite eine Böschung von 5–10°; nur wo eine neue Düne an eine halberstörte angelagert wird, kommen stärkere Böschungen vor. Auf der Leeseite ist die Oberfläche des Sandes 30°, selten auf kleineren Flächen 40°. Jede Düne ist geschichtet, und ihre Schichten fallen antiklinal nach der Luvseite 5°, nach der Leeseite 30° ab. Nicht selten findet man hoch in den Dünen Muscheln, besonders *Ostrea*-schalen, die der Austernfischer dahin geschleppt hat. Mitten zwischen den Sandhügeln treten auch vollkommen horizontale Sandflächen auf.

Auf Sylt³⁾ findet man gelegentlich mitten im Sand einzelne Rollsteine liegen. Platte Steine bleiben auch bei Sturm auf dem Sande liegen, grössere runde Steine aber sinken langsam in ihre sandige Unterlage ein. Als „Pyramidalgeschiebe“ bezeichnete MEYER schon 1872, die später als Dreikanter oder Facettengeschiebe vielgenannten sandgeschliffenen Gerölle, welche auf den Dünen gefunden werden. Alle Dünen bedecken sich nach andauernden Winden mit jenen charakteristischen Rippelmarken, die vielverzweigt senkrecht zur Windrichtung verlaufen. Auf den Dünen liegen die schweren Sandkörner auf den Wellenkämmen der Rippelmarken, während unter Wasser Rippelmarken entstehen, in deren Thälern die schwereren Körner angeordnet sind.

Die⁴⁾ 263 km lange Küstenstrecke der Ostsee zwischen der Mündung der Dievenow und dem Cap von Rixhöft, wo die Halbinsel Hela sich abzweigt, besteht auf 212 km Länge aus reinem Dünenande und nur auf einer Erstreckung von 14 km treten hohe diluviale Steil-

1) HAGEN, Seeuferbau, II, S. 125.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 2.

3) MEYER, Abh. zur Geol. Sp.-Karte von Preussen, I, S. 652, 666, 636.

4) KEILHACK, Prometheus 1893, No. 215, S. 102.

ufer unmittelbar an die See heran. Eine dieser Stellen wird fast in der Mitte der gedachten Küstenstrecke durch die auf tertiärem Kern über 30 m hoch aufragende Diluvialinsel von Jershöft zwischen Rügenwalde und Stolpmünde gebildet. Oestlich von diesem Cap, welches eine bemerkenswerthe Aenderung im Verlaufe der Küstenlinie markirt und daher von Alters her als wichtiges Schifffahrtszeichen galt und heute von hohem Leuchthurme gekrönt wird, liegt bis Rixhöft hin, nur durch die landschaftlich entzückenden, hohen Steilufer des Neuen Strandes auf kurze Strecke unterbrochen, entlang der Küste das Dünengebiet in ganz ausgezeichneter Entwicklung; von einer kleinen Fläche an der Regamündung abgesehen, ist das Phänomen der Wanderdünen auf diese östliche Hälfte beschränkt. Die Wanderdünen liegen fast überall auf breiten, nahrungsartigen Streifen Landes, welche die See von ausgedehnten Süsswasserbecken oder alluvialen Niederungen, die durch Vertorfung solcher Seen entstanden sind, trennen. So liegen hinter den Görshagener Wanderdünen der Vietzker See und das ausgedehnte Salesker Moor, hinter den Lötschken bei Rowe der Gardesche und hinter den grossen und kleinen Wollsäcken östlich und westlich von Leba der Leba-See. Die Breite dieser Nehrungen beträgt in den Gebieten der Wanderdünen ausnahmslos 1—2 km.

So mannigfaltig auch im Einzelnen Grösse und Gestalt der Wanderdünen sind, so zeigen sie doch in den wesentlichen Punkten eine auffallende Uebereinstimmung. Allen gemeinsam ist eine Vorwärtsbewegung von Westen nach Osten; ein Steilabfall auf der östlichen; eine flache Abböschung sowie das Vorhandensein einer ebenen Wanderbahn auf der westlichen Seite. Die Wanderbahn ist eine thalartige ebene Fläche, von west-östlicher Längsstreckung, die beiderseits von bewachsenen kleineren Dünenketten begrenzt wird. Ihre Ränder laufen entweder annähernd parallel (Görshagener Dünen) oder divergiren nach Osten (östlich von Rowe); im letzteren Falle kann ihre Breite bis 800 m betragen; die Länge schwankt von $\frac{1}{2}$ bis zu $2\frac{1}{2}$ km. Diese von P. LEHMANN sehr treffend mit gewaltigen Schiessständen verglichenen Wanderbahnen bezeichnen den Weg jeder einzelnen Wanderdüne; ihre ebene Oberfläche kommt dadurch zu Stande, dass der Sand vom Winde bis auf den Grundwasserspiegel ausgeblasen wird. Da nun in den aus gleichkörnigem, durchlässigem Sande bestehenden Nehrungen der Grundwasserspiegel ein sehr gleichmässiger ist, so kommen äusserst ebene Deflationsflächen zu Stande. Den östlichen Abschluss einer jeden Wanderbahn bildet die Wanderdüne selbst. Die Vegetation in der Bahn nimmt nach Osten mehr und mehr ab, verschwindet dann ganz, und nun beginnt die kahle Sandmasse allmähig auf 10, 20 und 30, in einem Falle (Scholpiner Leuchtturmsdüne) sogar bis 56 m über Meeresspiegel anzusteigen. Von der flachen gewölbten Höhe aus senkt sie sich um den Betrag einiger Meter gleichfalls noch flach nach Osten, dann aber kommt, wie mit der Schnur gezogen, eine von Nord nach Süd gerichtete Linie, an welcher die kolossalen Sandmassen mit der bei losem Sande grösstmöglichen Steilheit nach Osten hin abstürzen. Der Winkel dieser Böschung beträgt 30°. Die Vorwärtsbewegung der Dünen erfolgt nun in der Weise, dass jedes einzelne Sandkorn von Westen her die flache Böschung hinaufgetrieben wird, den Rücken überschreitet und den Steilabfall hinabrollt. Am Fusse

der Düne bleibt es dann so lange liegen, bis es bei dem Vorrücken derselben an ihr hinteres Ende und damit wieder an die Oberfläche gelangt.

Diese Dünen wandern mit einer mittleren jährlichen Wandergeschwindigkeit von 8—10 m. Es scheinen allerdings auch grössere Geschwindigkeiten von 12—18 m vorzukommen.

Nach den Anfang Oktober, an den Mitte Juli gelegten Messstangen, abgelesenen Beobachtungen betrug das Vorrücken der niedrigsten, aber sehr breiten Wanderdüne des Görshagener Gebietes 3,75 m, bei einer etwa 20 m hohen Düne 2,5 m, und bei der höchsten, deren Kamm etwa 30 m ü. M. liegt, immer noch 2 m.

Die Dünen wandern, entsprechend der vorherrschenden Richtung der stärkeren Winde, von Westen nach Osten; bei starken Oststürmen, die ja an unseren Küsten nicht gerade selten sind, gestaltet sich infolge dessen das äussere Ansehen der Wanderdüne um; rückwärts wandern kann sie nicht, da der Wind die Sandkörner den steilen Abfall nicht wieder hinauf zu treiben vermag; dagegen bilden sich auf der flachen Westseite der Düne lauter kleine bis $1\frac{1}{2}$ m hohe nach Westen gewandte Steilabfälle, die dem von Nord oder Süd betrachteten Rücken der Düne ein gekämmtes oder gesägtes Aussehen verleihen; natürlich zerstört der nächste Westwind die Neubildungen in kürzester Zeit.

Wie bereits erwähnt, bläst der Wind in der Wanderbahn den Sand bis zur Erreichung des Grundwasserstandes aus; dieser Umstand kann ganz eigenthümliche Bildungen im Gefolge haben. In Perioden grosser Trockenheit nämlich, wie diejenige, welche man 1893 erlebte, steht der Grundwasserspiegel ungewöhnlich tief und die Deflation geht weit tiefer als in niederschlagsreichen Jahren vor sich. Steigt nun das Grundwasser, so erfüllt es das ausgewehrte flache Becken und wir sehen dann hinter der Düne einen flachen Teich entstehen. Durch Wasservögel werden Conchylien und Wasserpflanzen in denselben verschleppt, und es kommt zur Entwicklung einer kleinen Limnaeafauna. Diese kleinen Wasserbecken werden dann von neuen heranrückenden Flugsandmassen wieder verschüttet, und mitten im reinen Dünensande kann auf diese Weise eine Süsswasserfauna auf primärer Lagerstätte sich finden.

Mit der Seebildung im engsten Zusammenhange steht das Auftreten von gefährlichen Trieb sandstellen im östlichen Theile der Wanderbahnen. Wehen in flache Grundwasserseen neue Flugsandmassen hinein, so entsteht ein eigenthümlich breiiges, bewegliches Gemenge von Wasser und Sand, welches keine Tragkraft besitzt, sondern den unvorsichtigen Dünenwanderer unter Umständen bis an den Leib und tiefer versinken lässt. In trockenen Jahren sind die schon äusserlich durch wassergraue Farbe gekennzeichneten Trieb sandstellen ohne jede Gefahr zu betreten.

Die Zeit der Entstehung der grossen Wanderdünen Hinterpommerns mag etwa 400 Jahre zurück liegen; man kann das aus der Länge der grössten Wanderbahnen, verglichen mit dem Betrage des mittleren jährlichen Vorrückens, ungefähr berechnen. Die Ursache ihrer Entstehung kann eine verschiedene sein: unvorsichtige Entwaldung der alten Dünen, Zerstörung der schützenden Rasendecke durch Ablagen zur Streugewinnung, oder durch Weiden des Viehes,

veranlasst in den festliegenden Dünen die ersten Sandentblössungen: hier setzt der Wind ein, entführt Korn nach Korn und schlägt in die Flanken der langgestreckten Dünenkämme tiefe Wunden, über denen das ausgeblasene Wurzelwerk der Vegetationsdecke schlotternd in grossen Fetzen herabhängt. So entstehen durch Flüchtigwerden der älteren Dünen die sogenannten „Kupsendünen“, von wild zerrissenem Aussehen. Der Wind greift die älteren Dünen nie von oben, sondern immer von der Seite an, von oben rollt ununterbrochen Sand nach, und so erlangen die Kupsen allmählig ihre steilen seitlichen Böschungen.

Unwiderstehlich, unaufhaltsam schreitet der Steilrand der Wanderdüne nach Osten vor. Er tritt in Seen ein und füllt sie aus, er geht über Sumpf und Moor, über ältere bewachsene Dünen und über hohen und niederen Wald. Erbarmungslos rieselt der Sand zwischen den grünen Blättern der Erlen und Birken und den Nadeln der Kiefern nieder, auch im Walde genau denselben Böschungswinkel beibehaltend; zum letzten Male grünen und blühen die Bäume welche die weiss-schimmernde mörderische Sandwand erreicht hat; wo heute die Vögel noch ihr fröhliches Lied in den Zweigen singen und die Bienen summend die Blüthe des Haidekrautes umschwärmen, deckt übers Jahr die Düne, ein gewaltiges Grab, den gemordeten Wald. Aber nach einigen Jahrzehnten kommen am Westabhange der weiter gewanderten Düne die Spitzen der Bäume wieder zum Vorschein; da sie jedoch völlig vermodert sind, so brechen sie dicht über der Oberfläche stückweise mit der fortschreitenden Ausblasung ab und nur die unteren Theile des Stammes bleiben stehen. Einen traurigen Anblick gewährt solcher hinter der Düne wieder auferstandener Wald. Schwach nach Osten unter der Last des andringenden Sandes gebeugt, entragen dem kahlen Sande hunderte von 1—3 m hohen Baumstümpfen mit kurzen Aststummeln, zwischen denen der Boden mit morschen, zertrümmerten Zweigen dicht bedeckt ist; wahrlich ein trauriges Auferstehungsbild! Es kommt heutzutage nicht mehr vor, dass ein alter, hochstämmiger Wald von den Dünen verschüttet wird, da der Mensch jetzt das kostbare Nutzholz nicht mehr in dieser Weise umkommen lässt. Dagegen stecken in mehreren älteren, festgelegten Wanderdünen mächtige Kiefernstämme, die das Betreten der Düne gefährlich machen können. Durch vollkommene Verrottung des Holzes können nämlich im Sande vertikale, mit Holzmulm erfüllte, Röhren entstehen, in denen ein Mensch urplötzlich 10 und mehr Meter tief versinken kann.

Etwas anders ist das Verhalten der Waldbäume, wenn die verschüttende Düne nicht hoch genug ist, dieselben vollständig zu begraben. Jüngere, bis zur halben Höhe oder darüber verschüttete Bäume sterben nach wenigen Jahren ab, ältere Bäume aber können sich an eine theilweise Einschüttung anpassen. Die Kiefern thun es, indem sie nicht mehr in die Höhe wachsen, sondern sich in die Breite ausdehnen und schliesslich ein dichtes, schirmförmiges Netz von Zweigen auf den Sand auflegen. Weiden und Birken aber, die theilweise eingeweht sind, treiben dicht unter der neuen Oberfläche aus dem Stamme heraus zahlreiche Wurzeln, die die weitere Ernährung des Baumes oder Strauches bewirken. Wandert die Düne weiter, so werden diese Wurzeln wieder ausgeblasen und hängen dann hoch über dem Boden in der Luft. Bisweilen sind sogar zwei Generationen von Wurzeln durch Aus-

blasung freigelegt, und es ist nicht unmöglich, dass sich in der Tiefe noch eine dritte befindet, der jetzt allein die Ernährung des Strauches obliegt.

Interessant ist die allmälige Zunahme der Vegetation in der Wanderbahn von Osten nach Westen. Wenn man die absolut kahle Wüste der Wanderdüne verlassen hat, stellen sich auf dem feuchten Grunde zunächst einige Binsen und Riedgräser ein; dann nehmen die Gräser etwas zu, kleine Moorweiden (*Salix repens*) kriechen dazwischen am Boden hin, und eine ganze Reihe hübscher Blütenpflanzen stellt sich ein: in bunten Farben und mit verhältnissmässig grossen Blüten prunkt das Stiefmütterchen (*Viola tricolor*), Tausendgüldenkraut (*Erythraea Centaurium*), die blaue Jasione (*Jasione montana*), das Kreuzkraut (*Senecio*), das gemeine und dass süssduftende Strandlöwenmaul (*Linaria vulgaris* und *odora*), die rothen Blattrosetten des Sonnenthau (*Drosera rotundifolia*) und manche andere Blütenpflanze schmücken den Boden. Dann stellen sich die ersten kleinen Kiefern bäumchen ein; sie werden allmälig höher, weisse Birkenstämme finden sich eingesprenzt, und schliesslich entwickelt sich daraus ein geschlossener Waldbestand, der nach Westen älter und älter wird. Am Boden zwischen den Kiefern wachsen das Heidekraut und die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), die Sumpfbeere, Heidelbeere, Preisselbeere und Moosbeere (*Vaccinium uliginosum*, *V. Myrtillus*, *V. Vitis idaea* und *Oxycoccus palustris*), der Porst (*Ledum palustre*), und im Schutze aller dieser kleinen Sträucher blüht manches seltene Pflänzlein.

Wie die Brandung der See und das fliessende Wasser aus dem Gemenge von Mineralien im nordischen Sande die specifisch schwersten auszuschcheiden und als granatreichen Magnet- und Titaneisensand abzulagern vermag, so besitzt diese Eigenschaft auch der Wind, und bringt sie in den weiten Sandwüsten der baltischen Wanderdünen zur reichlichsten Verwendung. Alle die Tausende kleiner Rippelmarken die die kahle Dünenoberfläche bedecken wie die Wellenfurchen den Sand am Meeresufer, enthalten in der Mulde eine äusserst dünne Schicht des dunklen Granatsandes, und die steilen Flanken der Kupsendünen sind dadurch oft mit weithin sichtbaren dunklen Streifensystemen wie überhaucht. Dadurch, dass auf diesen dunklen Sandhäutchen wieder helle Quarzsande abgelagert werden, entsteht im Querschnitte eine äusserst feine Bänderung, welche auf der Oberfläche des vorschreitenden Wanderdünenrückens als eine überraschend kunstvolle, an Damascirung oder Maserung erinnernde Steifung sichtbar wird; dieselbe kommt so zu Stande, weil die Sandschichten nicht parallel, sondern unter allen möglichen Winkeln spitz zur Schichtung abgelassen werden.

Von Interesse ist auch das Studium der Lauf- und Kriechspuren von allerlei Gethier auf dem gleichmässigen Dünensande nach längerer Windstille. Wenn eine Bärenraupe auf der Suche nach neuen Futterpflanzen das Unglück hat, auf die Wanderdüne zu gerathen, so sieht man ihre wunderbar kunstvolle Spur hunderte von Schritten weit immer in derselben Linie dem Sande eingegraben, bis sie am andern Rande der Sandwüste verschwindet. Deutlich unterscheidbar, weil viel weniger richtungsbeständig, sind die Spuren von Chrysomeliden und anderen flugträgen Käfern. Ausser den genannten Thieren kreuzen nur Fuchs und Hase zuweilen die kahlen Flächen, oder das Rebhuhn eilt schnellen

Schrittes darüber hin. Oefter auch erblickt man, an fossile Fährtenabdrücke erinnernd, die mächtige Spur des weit ausschreitenden Kranichs, der im nahen unzugänglichen Bruchwalde seinen Wohnsitz hat.

Oede und arm an Leben sind die Wanderdünengebiete; sieht man sie in der Ruhe im blendenden Sonnenscheine, so erinnern sie mit ihren eigenthümlichen flachen Rücken an die schneeigen Firnfelder des Hochgebirges; wenn aber der Weststurm gewaltige Sandwolken aufwirbelt, die die Ferne verhüllen, so gewinnt das ganze Bild einen vollendeten Wüstencharakter, und man mag dann getrost das blaue Meer im Norden für das Mittelmeer halten und sich an die unwirthliche Wüstenküste des nordöstlichen Afrika versetzt glauben.

Grossartig sind die Dünen der ostpreussischen Küste¹⁾. Sie erreichen eine Länge von 100 km, eine Höhe von 60 m und eine Breite von 5 km. Nach der Ostsee fällt die Düne ganz flach ab, während nach dem Kurischen Haff einige „Sturzdünen“ 45° steil sind. Die Dünenkämme der Kurischen Nehrung wandern 1—12 m im Jahre, überschütten Kiefernwälder und ganze Dörfer mit verderblichen Sandmassen.

An²⁾ der oberen Grenze der Kurischen Nehrung kämpfen Vegetation und Dünen sand einen ungleichen Kampf; der Wald duldend, ausharrend, soweit die Lebenskraft reicht, der fliegende Sand unaufhörlich angreifend, bis ein Stamm nach dem anderen erliegt. Zuerst wird den Vorposten die alte Rinde, der Panzer stückweise abgerieben. Bäume, die in dieses Stadium getreten sind, haben in ihrem hellbraunen Unterkleid zwar ein frisches Ansehen, doch sind sie bereits dem Tode geweiht. Denn bald werden auch die Blätter der jungen Rinde abgerissen und dadurch die Lebensschicht des Baumes zu Tage gelegt. Der Baum stirbt ab und verliert beim ersten Sturme den Wipfel, oder er bricht wohl auch nahe an der Wurzel ab. Beim Vorrücken der Düne wird der Stumpf allmählig verschüttet. Auf der Haffseite werden die Bäume begraben und sterben dann erst ab, wobei die Rinde am längsten dauert und Röhren bildet, in die man versinken kann. Tritt der todte Baum auf der Nordseite der Düne wieder heraus, so wird das verrottete Holz ganz zu Atomen verweht, nur feste Stämme halten Stand.

Im Polargebiet sind Dünen selten, wegen der dort überwiegenden Exaration des Treibeises. Doch beobachtete die Vegaexpedition Sandhügel an der Nordküste von Asien und nach BERGHIAUS³⁾ finden sich Sanddünen noch bei Pt. Barrow, an der Nordküste von Alaska, unter 71° N. Br.

In⁴⁾ einem breiten Streifen von Sandhügeln, welche die Laguna del Potrero von den Ufern des Plata trennen, fand DARWIN Blitzröhren, welche beim Wandern der Düne von Sand entblösst wurden und nun in vier Reihen aus dem Sand herausragten. Der Druck des Sandes schien diese Röhren theilweise zusammengedrückt zu haben.

1) BERENDT l. c., S. 142.

2) J. SCHUMANN, N. Preuss. Provinzialblätter, III, 1, 1859. Vergl. auch Bronn, Geschichte der Natur, III, S. 667, 734.

3) BERGHIAUS, Atlas der Hydrographie.

4) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 67, 85.

Zwischen den Sanddünen des Küstengebietes von Bahia Blanca finden sich Teiche mit Thongrund, in denen süßes Wasser steht.

Von den vielen anderen¹⁾ Dünengebietes greife ich diejenigen am Golf von Gascogne²⁾ noch heraus. Zwischen der Mündung der Gironde und des Adour bilden sich durch die herrschenden Westwinde Dünen, während am Golf von Lion die Arbeit der Südwinde durch den Mistral paralytisch wird. Grossen Sandwogen gleich steigen sie aus dem Schooss des Meeres. Bei Minnizan ist die Zone der Dünen 8 km breit, im Wald von Biscarosse werden sie 100 m, sonst nur 50 m hoch. Auf der Luvseite ist ihre Böschung 8—20°, auf der Leeseite 32—40°. Eine Windstärke von 20—40 m in der Sekunde erzeugt sogar einen Aufschüttungswinkel von 44—53°. Die Dünen von La Teste wandern fast 2 m pro Jahr.

Das grosse Gewicht solcher Sandberge muss naturgemäss auf ihre Unterlage einen hohen Druck ausüben und dieselbe, wenn sie nachgiebig ist, verschieben. So presst die Kurische Nehrung den Haffboden an mehreren Stellen über den Wasserspiegel herauf. Ueberaus interessante Versuche über Sanddruck und Bewegungerscheinungen im Innern trockenen Sandes hat FORCHHEIMER³⁾ angestellt und dabei Stauchungsphänomene erzeugt, welche grosses geologisches Interesse beanspruchen.

4. Schlammige Sandablagerungen findet man nur in ruhigen Buchten, im Schutz vorgelagerter Nehrungen, und an solchen tropischen Küsten, wo die Mangrovevegetation dem weichen Sediment des Schlammstrandes einen Schutz gegen die Wellen gewährt.

Der Schlamm besteht vorwiegend aus Thonerde, welche in der Regel durch organische Reste verunreinigt ist, und dadurch eine dunkle Farbe erhält. In anderen Fällen enthält der Schlamm grosse Mengen feines Quarzmehl, und dann ist seine Farbe grau oder gelblich. An tropischen Küsten findet man rothbraune oder chokoladefarbige Schlamm, im Delta des Nil, Ganges und Mississippi ist der graue Schlamm reich an Glimmerblättchen, an der Mündung der grossen chinesischen Flüsse kommt gelber Schlamm vor.

Da die meisten Flüsse ein aus Sand und Schlamm gemischtes Sediment ins Meer führen, da auch durch die Abrasion häufig dieses Gemisch gebildet wird, so versteht man leicht, dass das Vorwiegen von Sand an der einen, von Schlamm an der anderen Stelle durch die Bewegung des Wassers in Raum und Zeit beeinflusst wird. An einer stark brandenden Küste wird aller Schlamm ausgewaschen und ein reines Sandsteinsediment bleibt zurück; im Schutze vorliegender Inseln, in Lagunen und stillen Buchten kommt Schlamm und Sand gemeinsam zur Ablagerung.

1) CZERNY, Petermanns Erg.-Heft, XXI, S. 26.

BORGGREVE, Verh. des Naturf. Vereins für Rh. u. Westph. 1875, S. 69.

DELESSE, Lithologie du Fond des Mers, S. 30.

H. v. MEYER, Neues Jahrb. für Min. 1848, S. 472.

RECLUS, Bull. Soc. Geogr. d. France 1895, S. 193.

SCHLICHTING, Uebersicht der geogr. Verh. von Schleswig-Holstein 1868.

T. G. WINKLER, Archives Néerl. Harlem 1878, XIII, S. 417.

2) PIGEON, Annales des Mines, 4. Serie, XVI, S. 257.

3) FORCHHEIMER, Dissertation. Tübingen 1883.

Zwischen den friesischen und holsteinischen Düneninseln und dem Festland liegen ausgedehnte Schlammgebiete, die sogenannten Watten¹⁾. Sie bestehen zum Theil aus Sand und zum Theil aus dem sogenannten „Schlick“, einem schwarzen Thon. Zur Ebbe liegen die Watten, mit Ausnahme einzelner Abflussrinnen, trocken, bei Fluth werden sie 2 m hoch vom Meere überspült. Jede Fluth bringt neuen Schlamm herbei und erhöht den Boden an der einen Stelle, während sie an der anderen Stelle denudirend wirkt. Auf thoniger Unterlage haftet der Schlamm sehr gut, dagegen wird er von Sandgrund leicht wieder weggeschwemmt. Der tägliche Zuwachs dieser Marschbildung ist sehr verschieden, aber in der Regel sehr gering. Es gibt Stellen, wo 50 Jahre vergehen, ehe eine 30 cm hohe Schicht gebildet wird, während an anderen Orten dieselbe Erhöhung des Bodens in 6 bis 8 Jahren erfolgt. Es liegt in der Natur der Sache, dass der Wechsel von Ebbe und Fluth, dass die Strömungen des Wassers hierbei eine bestimmende Rolle spielen. FORCHHAMMER liess grössere Stücke von Schlamm ausstechen und langsam trocknen, und fand ihn vollkommen horizontal geschichtet; auf den Schichtungsflächen lagen weisse Glimmerblättchen und starkglänzende Kohlenstückchen.

Hin und wieder kommt in diesem Schlamm eine kleine Sandschicht vor, sie rührt wahrscheinlich von Herbststürmen her. Zuweilen findet sich auch eine dicke Lage von Thon, die ungeschichtet zu sein scheint.

Wenn das Wattenmeer friert, dann führt die Fluth enorme Mengen schmutziger Eisschollen vor sich her, die im Jahre 1839 an einem Tag den Boden um 20 cm erhöhten und auch Sandboden mit Schlamm bedeckten.

Wo der Wattenschlamm keinen Sand enthält, findet man fast niemals Muschelschalen, während die Sandflächen bei Ebbe mit Tausenden von Muscheln und Schnecken bedeckt sind. Im Frühjahr²⁾ bedeckt sich das schwarzgraue Watt mit dunkelgrünem Rasen von *Conserva chthonoplastes*. Die zarten, schnell wachsenden Keime dieser Alge wuchern gerade im weichsten Thonschlamm am liebsten und tragen viel zur Vermehrung des Sedimentes und zur Befestigung desselben bei.

In den Wasserläufen zwischen den einzelnen Schlamminseln findet sich *Zostera marina*, *Z. minor*, *Zannichellia palustris*, *Ruppia spiralis*, und *R. rostellata*. Sobald aber durch diese Pflanzen der Schlamm immer fester gehalten und vermehrt wird, sobald das Watt weiter einporwächst und einen längeren Zeitraum trocken liegt, dann siedelt sich *Salicornia herbacea* darauf an. Durch den Widerstand ihrer steifen und fleischigen Theile bricht diese Pflanze die Wellenbewegung und die Strömung, und fängt den bei Fluth herbei getragenen Schlamm, um ihre Unterlage immer mehr zu erhöhen.

Dann wachsen *Atriplex arenaria*, *Schoberia maritima*, *Salsola Kali*, *Kochia hirsuta*, *Lepigonum marinum*, *L. medium* und *Sagina stricta* auf dem neugewonnenen Lande, Gräser treten auf, *Aster* und

1) FORCHHAMMER, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1841, S. 26.

2) MEYER, Abh. z. Geol. Spec.-Karte, I, S. 710.

SCHLICHTING, Verh. Geol. Reichsanstalt. Wien 1868, S. 162.

Artemisia kommen hervor, und endlich erscheint der weisse Klee und damit ist der Marschboden endgiltig landfest geworden.

Die nahe gelegene Sandfacies der Düne ist in einer beständigen Wanderung nach Osten begriffen und überschreitet hierbei das Marschland. Der ganze Dünenzug von Calais bis nach der Spitze von Jütland rollt mit einer Front von 700 km unwiderstehlich gegen das Land vor. Bei Risham fand man ausserhalb der Düne das alte Marschland als Unterlage derselben, und unter dem Dünensand und einer dünnen Schicht Dünenmoor fand man die Spuren von Pferden, Rindern und Schafen als recentes Fossil eingedrückt.

In dem Wattenschlick bilden sich Concretionen, welche ihrer Form nach, den Imatrasteinen gleichen.

Schlammstrand ist am Ufer des Rothen Meeres weit verbreitet, wo er sich im Schutze vorgelagerter Korallenriffe bildet und erhält. Die flach geneigte Küste der südlichen Sinaihalbinsel wird bei Ebbe kilometerbreit vom Meer verlassen, und stellt dann einen zähen gelbgrauen Thonbrei dar, der hier von polygonalen Trockenrissen mehrere Centimeter tief gespalten ist, dort mit unzähligen organischen Spuren bedeckt erscheint.

Cerithium bedeckte zu Millionen den breiigen Boden, lebende Exemplare fanden sich halbeingegraben in den Schlamm am Ende einer wurmförmig gebogenen Kriechspur, todte Schaaln lagen regellos verstreut. Einsiedlerkrebse wanderten mit ihrem Schneckenhaus über den Schlamm, zahllose Taschenkrebse spazierten umher und hinterliessen eine aus vielen kleinen Löchern bestehende Spur, während Seevögel nach Würmern suchten, die im Schlamm versteckt waren. Der bei Ebbe trocknende, in einzelne Schollen zerreisende Schlamm wird von der wiederkehrenden Fluth oftmals zu rundlichen Schlammknollen¹⁾ umgeformt, welche von den Wellen hin- und hergeworfen und dem weichen Schlamm als „Concretion“ ähnliche Gebilde wieder eingefügt werden. Kommen²⁾ solche Thonstücke den Dünen nahe, so können sie als „Thongallen“ in die Sandfacies eingeschlossen werden.

An tropischen Küsten erhält sich der Schlammstrand überall da, wo die Mangrove ihn schützt. Die schon S. 90—91 beschriebenen Gezeitenwälder wachsen³⁾ zwischen den Fluthmarken an der Seeküste oder an Flussmündungen. Es sind niedrige Bäume mit weit ausgebreiteten Zweigen und einem Netzwek von Luftwurzeln; die Früchte treiben auf den Bäumen Keime und bringen Wurzeln und Zweige hervor, bevor sie als fertige Pflanze in das schlammige Erdreich fallen.

Sie tragen wesentlich zur Verlandung bei, da die Masse der Luftwurzeln Schlamm und Abfallstoffe auffängt, das Ufer festigt und seine Landmasse vergrössert.

Auf Timor⁴⁾ leben zwischen den Mangrovepflanzen auf dem immer feuchten Schlamm: *Periophthalmus*, *Auricula judae*, *Potamides quadratus*, *P. sulcatus*, *P. telescopium*, *Cyrene suborbicularis*, *Gelasinus sp.*, *Coenobita sp.*

1) O. FRAAS, Petermanns Mitth., XVIII, S. 277.

2) BORNEMANN, Ueber den Bundsandstein in Deutschland, 1889, S. 15.

3) WALLACE, Die Tropenwelt 1879, S. 62.

KERNER V. MARILAU, Pflanzenleben, I, S. 718.

4) STUDER, Gazellen-Exped., III, S. 215.

Einen besonderen Vegetationstypus der javanischen Küste beschreibt JUNGHUHN¹⁾ von Kali-Losari. Hier sind niedrige Wälder, von *Rhamnus*, *Akacia*, *Cassia* und *Inga*, von Grasplätzen unterbrochen, sowie von vielen kleinen Sümpfen und Pfützen. Der schwarzgraue schwere thonige Boden wird nach anhaltender Trockenheit steinhart und springt auf in viele Risse. Nach Regen aber verwandelt er sich in einen feinen Schlamm.

Die²⁾ weite Wasserfläche des Hafens von Bahia Blanca wird durch zahlreiche grosse Schlammbanken unterbrochen, welche die Eingeborenen wegen der zahllosen Krabben „Cangrejales“ nennen. Der Schlamm ist so weich, dass man selbst die geringste Entfernung nicht darüber gehen kann. Viele Banken sind mit hohen Wasserpflanzen bedeckt.

5. Zu den charakteristischen Formen litoraler Ablagerungen gehören die Deltas³⁾ d. h. jene oft dreieckigen Erweiterungen der Flussmündungen, welche mit dem Schlamm und Sand des Flusses soweit erfüllt sind, dass der Fluss in mehreren Armen dieses Schwemmland durchfließt.

Das Delta des Nil⁴⁾ umfasst eine Fläche von etwa 33 000 □ km und besteht aus dem vom Fluss gebildeten Schwemmland und einem Kranz von Nehrungen und Seen, die ihre Bildung dem Meere verdanken. Der Nil führt auch bei hohem Wasserstand nur den feinsten Schlamm und feinste Sandtheilchen, sodass man im Deltagebiet nirgends Gerölle oder Schotter findet. Dieser Schlamm vergrößert das Delta in horizontaler und in vertikaler Richtung. Alle Aufschlüsse gewähren das Bild einer ganz regelmässig geschichteten Ablagerung. Die oft 10 m hohen Flussufer sind aufgebaut aus Schlammschichten, bald dünn wie ein Blatt, bald mehrere Fuss dick.

In den grösseren Armen bilden sich oft Inseln, deren Existenz aber meist nur von kurzer Dauer ist.

Indem man sich dem Litoral des Mittelmeers nähert, verändert sich der Charakter der Landschaft und ebenso derjenige der Sedimente. Nehrungen von weissem Dünenand, schlammgefüllte Lagunen und brackische Seen, Salzwassertümpel, an deren Grund die heisse Sonne Salzkrusten ausscheidet, und humusreiche Röhrichte, wechseln vielfach miteinander. $\frac{1}{12}$ des Deltagebiets ist von Flugsand und Dünen bedeckt, $\frac{1}{6}$ wird von Seen und Sümpfen eingenommen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse im Delta des Ganges. In allen grösseren Deltagebietsen erreicht die Intensität der Verlandung ziemlich beträchtliche Geschwindigkeit.

An der Pomündung⁵⁾ ist das Litoral zwischen 1647 und 1841 um 12 km meerwärts gewandert.

1) JUNGHUHN, Java, II, S. 438.

2) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 90.

3) CREDNER, Petermanns Mitth., Erg.-Hefte 1878.

READE, Quarterly Journal Geol. Soc. 1884, S. 263.

FAYOL, Bull. Geol. Soc. de France 1888, S. 968.

BOUSQUET, Das. 1888, S. 1005.

4) JANKO, Das Delta des Nil. Jahrb. k. ung. geol. Anst. 1890, VIII, Heft 9.

5) Zeitschr. der Ges. für Erdkunde. Berlin 1869, Taf. II. Vergl. auch RUGER, das. 1882, S. 115. 1883, S. 287.

II. Die chemischen Ablagerungen des Strandes entstammen den Salzen des Seewassers.

Nach den vielgenannten Versuchen von USIGLIO¹⁾ scheiden sich beim Abdampfen von Seewasser die wichtigeren Bestandtheile in folgender Reihenfolge aus:

Volumen des Wassers:	Beginn der Ausscheidung von:
1000 Volumina = 1	—
533 " = $\frac{1}{2}$	Eisenoxyd
533 "	Kalkkarbonat
190 " = $\frac{1}{5}$	Kalksulphat
95 " = $\frac{1}{10}$	Chlornatrium.

6. Auf den Dolomittfelsen²⁾ bei Nizza bilden sich unter dem Einfluss des Meerwassers, besonders wo das Gestein kieselhaltig ist, schwarze Rinden.

7. Chemische Absätze von Kalkkarbonat sind überaus selten als Strandablagerungen nachgewiesen, und indem wir die Kalkoolithe hier beschreiben, möchten wir der Vermuthung Raum geben, dass Bakterien oder andere organische Faktoren bei ihrer Bildung eine maassgebende Rolle spielen. Jedenfalls handelt es sich dabei weder um einen Absatz sprudelnder Quellen (wie man nach der Analogie von Karlsbad angenommen hat), noch um einen Eindampfungsprozess.

Die Rhee de von Sues ist, soweit sie bei Ebbe trocken liegt, ein grosses recentes Oolithlager. Die mehrere Kilometer breite Fläche, welche zum Theil mit salzgetränktem Schlamm oder mit Muscheltrümmern bedeckt ist, zeigt an anderen Stellen einen sehr feinen gelblichen Sand, der ausschliesslich aus 0,3 mm grossen Oolithkörnchen besteht. Das Oolithlager ist aus 1 cm hohen vollkommen horizontalen Schichten aufgebaut, und an manchen Sandbänken sieht man Aufschlüsse solcher Oolithschichten von 60 cm Mächtigkeit. Die Oolithe umschliessen einen kleinen Kern von Quarz, Feldspath, Granat, Magnet-eisen, Kieselnadeln oder Foraminiferenfragmenten. Während die Grösse der Kerne grosse Verschiedenheiten zeigt, ist der Durchmesser der Oolithkörner durchgängig derselbe. Vergl. S. 699.

Hier wie am Ausgang des Uadi Deheese zeigt der Oolithsand parallele Rippelmarken, und viele verwesende Thierreste konnte man an manchen Stellen beobachten. Unter dem weichen Sediment der Oberfläche folgten Schichten, in denen einzelne Körner miteinander verkittet waren und in Gruppen von 10–30 Körnchen zusammenhielten. In 5 cm Tiefe war das Sediment soweit verhärtet, dass man es mit dem Messer schneiden konnte. An anderen Stellen begann die Cämentirung auch in der obersten Schicht an einzelnen concretionären Punkten, und indem die isolirten verkitteten Partien seitlich miteinander verschmolzen, bildeten sich einzelne härtere Schichten. Ueber die Bedingungen des Absatzes dieser Oolithe ist leider nichts bekannt. An einzelnen Küstenstrecken wird der Oolithsand nicht nur zu einer 1 m hohen Düne aufgeschüttet, sondern man findet die Oolithkörnchen sogar 4 km landeinwärts mitten zwischen den Ablagerungen des Thalschuttes.

1) USIGLIO, Ann. Chim. Phys. 3. S. 104, 1848.

2) TARDY, Bull. Soc. Geol. de France 1874, S. 267.

CLOEZ, Das. 1877, S. 84.

Ganz dieselben Verhältnisse scheinen an den Keyinseln bei Florida zu herrschen. Dort findet man¹⁾ hohe Dünen, welche ganz aus Oolith bestehen. Die Körner sind zu einem harten Kalkstein verkittet und zeigen oft die charakteristische Diagonalschichtung der Dünen. Zwischen den Oolithbänken beobachtet man strukturlöse Kalkschichten. Regelmässige Horizontalschichtung ist häufig darin zu bemerken.

8. Der höhere Concentrationsgrad eindampfenden Seewassers lässt Kalksulphat oder Gyps sich abscheiden. Gypskrystalle sind sehr häufig in dem Salzthon der Sinaiküste, leider habe ich in den bei Ebbe eindampfenden Lagunen zu wenig nach Gypsablagerungen gesucht, und in der Literatur keine näheren Angaben gefunden, wie und wo sich Gyps abscheidet, so dass ich die Besprechung dieses Vorganges hier nicht weiter ausführen kann.

9. Vielbekannt ist es dagegen, dass Salzablagerungen am Meeresstrande entstehen, und meines Erachtens sind die wenigen Stellen, an denen solches direkt beobachtet worden ist, über Gebühr betont worden. Der gewaltige Salzreichtum des Weltmeeres hat viele Forscher veranlasst, in ihm die direkte Quelle der fossilen Salzlager zu suchen, ohne zu bedenken, dass das Seewasser auf $\frac{1}{10}$ seines Volumens eingedampft werden muss, ehe eine Abscheidung von Salz beginnt. Alle die genannten Beispiele recenter Salzbildung, wie das Todte Meer, der Eltonsee, der Adsch-Darja u. s. w. sind Wüstenseen und nicht Strandlagunen des offenen Meeres. Mag man die Thatsache für unwichtig halten oder ihr keine Beweiskraft für geologische Studien beimessen, zweifellos bildet sich in der Gegenwart viel mehr Salz in dem Faciesbezirk der Wüsten, als in dem des Litorals. OCHSENUS²⁾ hat die Salzlager für litorale Bildungen erklärt, indem er folgende Voraussetzungen machte: Ein Meerbusen, der mit dem Ocean nur durch eine annähernd horizontal verlaufende Barre in Verbindung steht, welche nicht mehr Seewasser einströmen lässt, als die Oberfläche der abgeschnittenen Lagune zu verdunsten imstande ist, bildet ein Salzlager, dessen Mächtigkeit nur von der Tiefe der Lagune und der Dauer solcher Umstände abhängig ist.

Gegen die Schlussfolgerung lässt sich gar nichts einwenden, nur die Voraussetzungen dürften sehr selten constant bleiben, und in der Gegenwart sind thatsächlich nur wenige Fälle bekannt, wo Salz auf diesem Wege in natürlichen Salzpfannen entsteht und erhalten bleibt. Gerade auf diesen letzten Punkt möchte ich besonders hinweisen, weil er meist übersehen worden ist. Für das geologische Auftreten eines so leicht löslichen Gesteins wie Steinsalz, ist es nicht allein nöthig, die Umstände der Entstehung zu enthüllen, sondern nicht minder wichtig sind die Umstände der dauernden Erhaltung. Ich bin so viele Wochen am Ufer des Rothen Meeres gereist, habe mich an anderen tropischen Küsten gerade zu diesem Zweck aufgehalten, und habe die Literatur der Segelhandbücher und Reisebeschreibungen gerade daraufhin besonders genau durchgesehen. Aber nur wenige diesbezügliche Angaben habe ich finden können:

1) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. 1869, No. 13, S. 373.

2) OCHSENUS, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1876, S. 658.

Bei Sues bilden sich während der Ebbe einzelne 5—20 m grosse Seewassertümpel, an deren Grund geschichtete Krusten reinen krystallinischen Salzes mit thonigen Zwischenlagen abwechseln. Das Salz ist porös und besteht aus 2—3 m grossen Würfeln, die miteinander verkittet sind. An anderen Stellen desselben Strandes sind Conchilien durch Salz zu einem ziemlich festen Gestein verkittet.

Auf¹⁾ dem flachen Grunde der Lagune von Rauai bildet sich während der Ebbe reines eisartiges Salz. Die eintretende Fluth hat nicht Zeit, das gebildete Salz zu lösen, denn bevor ihr das auch nur zum kleinsten Theil gelingt, ist ihr Salzgehalt durch Einwirkung der Sonnenstrahlen bereits so sehr concentrirt geworden, dass sie kein neues Salz mehr aufzunehmen vermag.

An²⁾ der chilenischen Küste, südlich von Coquimbo findet sich eine Salzdecke, 60 km lang, mehrere km breit und 30—60 cm dick, wie eine Eisdecke. Wenn man einen Block herausschlägt, so ist die Lücke rasch wieder mit Salz ergänzt. Maulthiere, Pferde und Menschen, die hineingerathen, werden gut conservirt.

Das beste Beispiel für litorale Salzbildung bietet aber der Run of Kutsch s. S. 789. Denn hier wird durch den SW. Monsoon das flache Küstenland viele Meilen weit unter Wasser gesetzt, es bilden sich Seewassersümpfe, die während der trockenen Jahreszeit verdampfen und die ganze Gegend mit glitzernden Salzdecken überziehen.

Alle genannten Beispiele liegen jedoch an Wüstengebieten, und die Erhaltung der gebildeten Salzabsätze ist eine Folge des dort herrschenden Regenmangels.

Wie aber selbst an Wüstenküsten nicht immer halb abgeschnittene Lagunen ein Herd von Salzbildung sind, das lehrt uns ein See an der tunesischen Küste. Bei Benzeret³⁾ ist der Benzeretsee durch einen schmalen Kanal mit dem Meer verbunden und durch einen anderen Kanal communizirt dieser wieder mit dem Ischkel. Trotzdem der erstere nur durch hohe Wogen gefüllt wird, so fliesst doch während des Winters vom Lande her wieder soviel Süsswasser hinein, dass er nur den normalen Salzgehalt des Oceans erreicht.

III. Organische Ablagerungen sind im Litoralgebiet weit verbreitet.

10. Bekannt sind die Anhäufungen von Treibholz an den nordischen Küsten. Auf Shoal Pt.⁴⁾ in Spitzbergen ist der Strand überall mit ungeheueren Massen von Treibholz bedeckt. Hier fand TORELL eine Bohne von *Entada gigalobium* von den Westindischen Inseln. Die Hauptmasse des Holzes aber besteht aus *Larix*stämmen, welche von Sibirien stammen. Am Walter-Thymen-Fjord sieht man *Larix*stämmen von 15 m Länge, meist mit Wurzeln, selten mit Aesten, aber immer ohne Rinde. Ausserdem findet man Rindenstücke von *Larix*, *Pinus*, *Betula*, *Juniperus*.

An⁵⁾ der Nordküste von Island besteht das Treibholz meist aus Nadelholz, doch kommt auch Laubholz vor. Im Jahre 1797 trieb viel

1) G. SCHWEINFURTH, Zeitschr. All. Erdkunde 1865, S. 347.

2) WARDEN, Ann. marit. et coloniales 1827, S. 617.

3) SPRATT, Journal R. Geogr. Soc. London 1846, S. 254.

4) PETERMANN'S Mitth., XVI, S. 232, 445.

5) THORODDSEN, Petermann's Mitth., XXXIV, S. 117.

westindisches Zuckerrohr an; tropische Nüsse sind gar nicht ungewöhnlich. Das am Strande liegende Holz ist grösstentheils alt und verrottet.

An den Küsten wärmerer Meere, wo während des ganzen Jahres eine höhere Temperatur herrscht, verwest das Treibholz so rasch, dass es nicht erhalten bleibt wie im Polarkreise, wo es während des ganzen Winters durch eine Schnee- und Eisdecke verhüllt, und dem Einfluss des Lichtes nicht unterworfen ist.

An der Nordküste von Neu Guinea traf die Gazelle¹⁾ Treibholzfelder, bestehend aus bis 5 m langen Baumstämmen, *Pandanusfrüchten*, *Sargassum*, *Spirula* und schwarzen Bimstein. *Lepas* bedeckte die Unterseite der Baumstämme, und eine sägemehlartige Masse von Stabalgen schwamm im Wasser.

11. Ausgedehnte Humuslager entstehen auch durch litorale Torfmoore. Zwischen²⁾ den holsteinischen Dünenreihen finden sich häufig Landseen von grösserer oder geringerer Ausdehnung, und in diesen lebt eine kräftige Vegetation von Sumpfpflanzen, welche zu Moorlagern Anlass giebt. Wenn ein starker Sturm die Oberfläche der Düne angreift, dann fliegt der Sand in die Seen und deckt den Torf mit einer Sandschicht zu. So entstehen jene merkwürdigen Lager von „Martörv“, die von der Last des darüber liegenden Sandes zusammengepresst, zu einer wohlgeschichteten Kohle werden.

An der Nordküste von Seeland ist ein solches Torflager zur Hälfte von der Düne überschüttet. Während der unbedeckte Torf pro Kubikfuss 8—10 kg wiegt, erreicht der sandbedeckte Torf ein Gewicht von 39 kg. Jener ist ungeschichtet, dieser ist fast schieferig und je eine Schicht scheint einem Jahreswachsthum zu entsprechen. In dem Moortorf von Skagen finden sich häufig Birkenzweige, und Stämme, die durch den Druck von 3 m Flugsand vollkommen plattgedrückt sind. Bisweilen ist es unmöglich, solchen gepressten Torf von Braunkohle zu unterscheiden.

12. Von einzelnen Stellen wird auch Diatomeenerde als litorales Sediment beschrieben.

13. Eingeschaltet in die litoralen Ablagerungen Ostafrikas findet sich der Kopal. Er³⁾ ist das Harz des *Trachylobium Mosambicense*, eines Baumes, der jetzt noch an der Küste von 3° S. Br. bis Mosambique wächst. Andere Kopale findet man an der Küste von Westafrika, wo er wahrscheinlich von *Guibourtia copalifera* stammt. Wie im Bernstein findet man auch hier Einschlüsse von Blättern und Insekten. Auch ein *Iygodactylus strigatus* ist darin beobachtet.

14. Auch animalische Ablagerungen bilden sich im Litoral; zuerst der Guano.

Der Guano⁴⁾ ist der Mist vorzüglich von *Sula variegata*, dann *Larus modestus*, *Rhinchops nigra*, *Plotus ankinga*, *Pelecanus thajus* *Phalacrocorax Gaimardii* und *albigula*. Diese Vögel nisten auf un-

1) STUDER, Gazelle, I, S. 198.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 13.

3) KIRK, Journal Linnean Soc. Botany, XI, No. 49.

HEHL, Neues Jahrb. für Min. 1843, S. 317.

PETERS, Sitzungsber. Berlin Acad. 1865, S. 456.

GOEPFERT, Neues Jahrb. f. Min. 1878, S. 501.

4) v. TSCHUDI, Abh. Acad. d. Wissensch. Wien, Bd. II, S. 2.

bewohnten Inseln und auf windgeschützten steilen Vorgebirgen in ungeheuren Mengen. Man kann berechnen, dass das 10 m mächtige Lager von Iquique in 1100 Jahren gebildet werden konnte. Je tiefer man in die Huaneros eindringt, desto dunkler wird in der Regel die Schichtenfärbung und geht vom Hellgelben ins Braungelbe, Rothbraune, Dunkelbraune über. Auch die Consistenz nimmt nach der Tiefe zu, die tiefsten Schichten haben einen krystallinischen Bruch und werden *Piedras de huanu* genannt. Der Gehalt an harnsaurem Ammonium nimmt nach der Tiefe ab, schwefels. und oxals. Natron und Chlorkalium nehmen zu. An der Küste von Tarabaca wechsellagert Vögelguano mit Schichten von Seehundsmist, in dem viele 3—10 cm lange glänzende Porphyrstücke aus dem Mageninhalt der Phoken eingeschaltet sind, von schwarzbrauner Farbe.

15. Von festländischen Thieren können Knochen in litorale Ablagerungen eingebettet werden, von marinen Wirbelthieren finden sich Skelette von Walen und Fischen.

Am 1) Tag nach einem Sturme war die ganze Küste von Antego mit grossen und kleinen todtten Fischen und vielen todtten Seevögeln bedeckt.

Als 2) im Jahre 1825 die schmale Landenge, welche den Lijmfjord vom Meere abtrennt, von einer grossen Sturmfluth durchbrochen wurde, ward die ganze Dünenmasse, welche die Landenge bedeckte, in die Bucht hineingeworfen, und hat diesen Theil so ausgefüllt, dass ein 5—7 m dickes Sandlager darin entstanden ist, und nur noch ganz flaches Wasser darüber steht. Die erste und auffallendste Veränderung war das plötzliche Absterben von fast allen Süsswasserfischen. Millionen von Fischen trieben ans Land, zum Theil schon todt, zum Theil sterbend, und wurden von den Einwohnern in vielen Fuhrn weggeschafft; nur wenige haben sich erhalten an einer Stelle, wo sich ein süsser Bach in die Bucht ergiesst. *Anguilla* hat sich dagegen an das salzige Wasser gewöhnt und über den ganzen Lijmfjord verbreitet.

Der Boden des Lijmfjordes war mit einem dichten Rasen von *Zostera marina* bedeckt, die vollkommen verschwanden. Nach der Sturmfluth von 1839 sind aus dem Lijmfjord alle grossen Schollen verschwunden, während die jungen Individuen diese Katastrophe gut überstanden haben. Fossile Lager von *Ostrea* und *Cardium edule* trifft man im Grunde des Fjords, während heute nur *Mytilus edulis* darin gedeiht.

16. Marine Algen besitzen in der Regel luftgefüllte Räume in ihren Geweben, mit Hilfe deren sie im Wasser flottiren, und die es verhindern, dass die Blätter am Boden liegen. Wird die Pflanze abgerissen, so steigt sie durch die Lufträume an die Meeresoberfläche empor und treibt als Oberflächenplankton lange umher; *Sargassum* ist ein bekanntes Beispiel dafür. Während nun diese Lufträume die Bildung submariner Algenlager erschweren oder oft geradezu unmöglich machen, begünstigen sie die Ablagerung benthonischer Meerespflanzen am Strande. Tangstreifen sieht man an vielen sandigen Küsten, und unter

1) DOVE, Das Gesetz der Stürme 1873, S. 175.

2) FORCHHAMMER, Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 11.

Walther, Einleitung in die Geologie.

günstigen Verhältnissen bilden sich ganze Torflager aus marinen Algen.

Zwischen ¹⁾ La Chaume und Les Granges (Vendée) ist ein grosses Lager marinen Torfes aus *Ulva* und *Fucus* gebildet, von Sand bedeckt.

In ²⁾ die Bucht von Teven (Finisterre) führt das Meer beständig Seetang hinein und lagert ihn daselbst ab. Dadurch hat sich eine sehr dichte, homogene, blättrige, aber cohärente und selbst politurfähige schwarze Masse gebildet, welche 1500 m lang und 800 m breit ist. Man benutzt sie als Düngemittel. Ihre Analyse ergibt:

83,3 %	org. Substanz,
8	„ lösliche Salze,
1,7	„ kohlen. Kalk u. Talk,
3	„ Alaunerde u. Eisenoxyd,
4	„ Kieselerde,
0,18	„ Natrium.

In der Ljantschinabai auf Waigatsch müssen ungeheure Mengen von Algen wuchern, denn sie werden durch die Brandung massenweise ausgeworfen und aufgehäuft; namentlich um die Mündungen von Schneewasserbächen, welche auf und hinter den Wasserpflanzen ihren Schlamm absetzen. Durch die Verwesung der Algen scheint der Boden etwas erwärmt zu werden, denn es wuchsen darauf grosse Compositen.

17. An ³⁾ einer flachen, den Stürmen ausgesetzten Meeresküste kann man längs des Ufers zwei Anhäufungen von ausgeworfenen Conchilien, Tang und Fremdkörpern beobachten. Zuerst im Durchschnittsniveau des Meeresspiegels, den Strandwall. Das stete Spiel der Wellen bewegt die ausgespülten Muschelschaalen, Schneckengehäuse, Korallen, Seeigel u. s. w. rhythmisch auf und ab, rollt und schleift an Allem und zerstört leicht alle Verzierungen an den Schaaalen.

18. Längs des Ufers zieht sich aber häufig noch ein zweiter Streifen ausgeworfener Meeresreste, welcher dem sogenannten „Winterstrand“ an unseren norddeutschen Küsten entspricht, und der als Fluthwall bezeichnet werden kann. Dieser entsteht durch die gesteigerte Thätigkeit der sturmbewegten Wogen, und während die Conchilien im Strandwall sehr abgeschliffen sind, finden wir sie im Fluthwall gut erhalten. Alle benthonischen und viele planktonische Organismen begegnen uns in diesen Anhäufungen.

Von Pflanzen sehen wir Tange in braunen Streifen am Ufer liegen, an anderen Stellen Kalkalgenknollen, Grünalgen und Seegräser. Aus dem Thierreich sind folgende Gruppen besonders häufig: Foraminiferen bilden schmale weisse Säume, bestehend aus zahllosen wohl erhaltenen Schälchen.

Hornschwämme, oft in abenteuerlichen Formen liegen zwischen Tang und Muschelschaalen.

Korallen häufen sich zu hohen Bänken an, die Oberfläche der Stücke ist meist abgerollt und die Kelche sind undeutlich.

Medusen treiben bei Sturm in grossen Mengen an den Strand.

1) COQUAND, Bull. Soc. Geol. de France, VII, S. 74. Ref. Neues Jahrb. für Min. 1839, S. 579.

2) BOBIERRE, Ann. chim. phys., XXX, S. 376. Ref. Neues Jahrb. f. Min. 1852, S. 338.

3) J. WALTHER, Abh. k. S. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1888, S. 408.

Auf feinem Sande sinken sie in die Unterlage ein, und bilden einen Abguss, der viele Einzelheiten wiedergiebt. Trocknet die Sonne während der Ebbe den Sand, dann schrumpft die Schwimmglocke zu einem dünnen knorpeligen Häutchen ein, das unter günstigen Umständen, von Sand bedeckt, erhalten werden kann.

Siphonophoren, *Physalia*, *Velella*, *Porpita* sind oft sehr zahlreich ans Ufer getrieben.

Von Echinodermen begegnet man den Echiniden und Holothurien am Strande häufig. Reguläre und irreguläre Seeigel, oft mit ihren Stacheln in Tang verwickelt, sind tadellos erhalten; Seegurken trocknen zu einem wurmförmigen faltigen Gebilde.

Sehr zahlreich sind Muscheln und Schneckenschaalen aus allen Gruppen; von Cephalopoden begegnen wir an tropischen Küsten *Nautilus* und *Spirula* häufig, während die Schulp von *Sepia* an manchem Strande in vielen Exemplaren liegen.

Von Crustaceen sind Brachyuren und Anomuren am häufigsten. Die Krabben spazieren behende über den Strand und unternehmen weite Wanderungen landeinwärts, die Einsiedlerkrebse bevölkern nicht minder zahlreich das Küstenland. Auf¹⁾ dem holsteinischen Marschboden sieht man keine Muscheln oder Schneckenschaalen, dagegen zahlreiche kleine Taschenkrebse, welche weit landeinwärts laufen. Diejenigen, die von der nächsten Fluth nicht wieder eingeholt werden, scheinen umzukommen, werden in Schlamm eingehüllt und als thonige Kugel in das Sediment eingebettet.

Das Vorkommen von todtten Fischen nach Stürmen wurde schon erwähnt. An tropischen Küsten finden sich zu gewissen Zeiten zahllose Schildkröten ein, um zu laichen.

Alle hier nicht genannten marinen Thiergruppen kommen natürlich unter günstigen Umständen auch in litorale Ablagerungen hinein, und häufig werden marine mit festländischen Faunen in litoralen Ablagerungen wechsellagern.

Das Litoralgebiet ist zwar ein Theil des Festlandes, aber den anderen festländischen Faciesbezirken gegenüber zeichnet es sich durch grosse Unabhängigkeit von den Klimazonen aus; und nach den vorliegenden Beobachtungen scheint es schwierig, einer litoralen Ablagerung ihre geographische Breite anzusehen. Im Allgemeinen sind Dünen auf das Litoral der wärmeren Meere beschränkt, doch finden sich kleinere Sanddünen auch im Polargebiet. Die intensive Abrasion durch Scholleneis, und die grosse Feuchtigkeit mögen die Bildung von Dünen hier erschweren. An einzelnen tropischen Küsten in der Nähe von der Mündung grosser Flüsse begegnen wir rothem Schlammstrand, aber solche Vorkommnisse sind relativ selten. Das litorale Thierleben ist im Polarkreis während des Winters gezwungen, in die oberen Zonen der Flaschsee hinauszusteigen und das Packeis zu vermeiden, infolgedessen sind litorale Conchilienbänke selten.

Der amphibische Charakter des Litoralgebiets prägt sich nicht nur in seiner Fauna, sondern auch in seiner Schichtung aus.

Wandernde Dünen auf dem Lande, wandernde Sandbänke in der Schorre erzeugen Diagonalschichtung und unregelmässige Schichtung;

1) MEYN, Abh. Geol. Spec.-Karte, I, S. 624.

dazwischen begegnen wir wieder vollkommen regelmässig geschichteten Ablagerungen.

Gross ist der Facieswechsel im Litoral, und wenn auch der Sand als das charakteristische Sediment zu bezeichnen ist, so treffen wir doch auch Schutt und Gerölle, Kies und Schlamm, welche nebeneinander aufgelagert werden, welche übereinander auftreten, und die jenen Wechsel der Schichten erzeugen, der für litorale Ablagerungen so bezeichnend ist. Jede Strandverschiebung verändert die Vertheilung der Facies, und bei den beständigen Oscillationen des Meeresspiegels kann es uns nicht Wunder nehmen, wenn Strandablagerungen aus so verschiedenartigen Gesteinen bestehen. Jede¹⁾ grössere Umgestaltung des Ufers ruft auf weite Strecken hin andere Umbildungen hervor. Eine Verlandung an einem Ort kann den Abbruch des benachbarten Strandes zur Folge haben, wenn die Strömung abgelenkt wird. Umgekehrt ist der Abbruch sandiger Ufer stets die Ursache neuer Landbildung. Wenn man jeden Bericht über Sturmverheerung einer Küste darnach beurtheilt, welche neuen Abrasionsflächen und welche neuen Auflagerungsflächen hierbei entstehen, wenn man die reiche Literatur über Küstenveränderungen²⁾ daraufhin durchliest, dann kann man sich ein Bild machen von der Complication litoraler Ablagerungen und dem grossen Wechsel in diesem Faciesbezirk.

Ueber Diagenese im Litoral sind mehrere Beobachtungen gemacht worden. Bei Gurskö werden nach REUSCH Steine und Grus durch Schwefelkies verkittet, und ein *Trochus tumidus* auf Lepsö war in Markasit verwandelt.

An der Küste von Moen kommen nach FORCHHAMMER Breccien von Flint und Kreide vor, welche durch kohlensauren Kalk verkittet sind.

Ueberall, wo ein Stück Eisen, ein Anker oder ein Bolzen im Sande liegt, wird derselbe zu einem festen eisenschüssigen Sandstein verbunden.

1) KELLER, Zeitschr. für Bauwesen 1881, S. 7.

2) FORCHHAMMER, Zeitschr. Allg. Erdkunde. Berlin 1856, S. 473.

DE COSSIGNY, Bull. Soc. Geol. de France 1875, S. 358.

FISCHER, Zeitschr. der Ges. für Erdkunde. Berlin 1878, S. 150.

REUSCH, Neues Jahrb. für Min. 1879, S. 244.

RUTOT, Bull. Musée d'Hist. Nat. de Belgique, II, 1883, S. 41.

u. A.

22. Das Meer (allgemeine Uebersicht).

Wenn wir die Erdkugel, unbekümmert um die gegenwärtige Lage der Achsenpole, aufmerksam betrachten, und das Verhältniss der Hydrosphäre zu den daraus hervorragenden Theilen der Lithosphäre ins Auge fassen, so erblicken wir ein einheitliches Weltmeer, dessen Mittelpunkt im südlichen Theil des Pacifik liegt. Von diesem grossen Ocean dringen drei gewaltige Buchten, der Pacifik, der Indik, der Atlantik nach Norden vor, vereinigen sich theilweise in engen Meeresstrassen wieder, und der Pacifik und Atlantik münden endlich in das circumpolare arktische Eismeer. Nur ein einziges grösseres Wasserbecken, der Kaspisee, ist von der allgemeinen Hydrosphäre abgeschnitten, manche abflusslose Seen und versiegende Flüsse sind ebenfalls isolirt, und gehören zu den charakteristischen Erscheinungen der beiden Wüstengürtel — sonst ist jede grössere Wasserfläche, jeder See und jedes Stromsystem entweder durch Meerengen, oder durch Flussläufe mit dem Weltocean verbunden.

Wir sind gewohnt, die Wassermassen des Festlandes scharf zu trennen von dem Meere, und dieses wieder in fünf verschiedene Oceane zu zerlegen; man betrachtet oft die Flüsse als Erscheinungen des Festlandes, die sich nur sekundär mit dem Meere vereinigen — allein wenn man erwägt, dass die Strömung des Floridastromes an Geschwindigkeit mit dem Hochwasser des Rheines wetteifert, so verliert die Bewegung der Ströme ihren diagnostischen Werth; und wenn man die Ostsee vom Skagerack bis nach dem Finnischen Meerbusen allmählig sich vollkommen aussüssen sieht, so tritt auch die Bedeutung des Salzgehaltes als unterscheidendes Merkmal zurück, und die Hydrosphäre wird zu einer ununterbrochenen Wasserhülle, die bald in der Form ausgedehnter Flächen, bald als schmale Flusslinie die gesammte Lithosphäre bedeckt oder überspinnt, und welche nur in den Wüstenzonen, durch das Ueberwiegen der Verdunstung, isolirte Flusssysteme und abflusslose Wasserbecken gestattet.

Die Wassermasse der irdischen Hydrosphäre ist in jenem vielbesprochenen Kreislauf begriffen, der im Meere beginnt, durch die Atmosphäre auf das Festland führt, und im Meere wieder endet. Da die Summe des vorhandenen Wassers aus der Atmosphäre nicht in

den Weltenraum entweichen kann, so pflegt man ihre Quantität als unveränderlich zu betrachten. Nur zwei Vorgänge vermögen die Wassermenge der Hydrosphäre zu verändern. Durch den Verwitterungsprocess, durch die Bildung wasserhaltiger Mineralien geht erstens beständig Wasser in die feste Erdrinde über. Alle mechanischen Thongesteine haben bei ihrer Bildung Wasser verbraucht. Zweitens wird durch vulkanische Eruptionen beständig Wasserdampf aus dem Erdinnern in die Atmosphäre gebracht und dadurch die Wassermenge der Hydrosphäre vermehrt. Es lässt sich leider nicht berechnen, in welchem Maasse diese beiden Vorgänge die Quantität des flüssigen Wassers an der Erdoberfläche verändern, jedenfalls arbeiten sie entgegengesetzt und vermindern mithin den absoluten Werth einer etwa vorhandenen Wasserabnahme oder Wasserzufuhr. Da schon im Cambrium wasserhaltige Gesteine gebildet worden sind und vulkanische Eruptionen stattgefunden haben, so dürfen wir die ganze seither verflossene Zeit der Erdgeschichte nach diesen ontologischen Gesichtspunkten beurtheilen.

Fassen wir jetzt das eigentliche Weltmeer, als Theil der irdischen Hydrosphäre ins Auge, so zeichnet dieses sich durch den Gehalt an gelösten Salzen aus. Die irdische Hydrosphäre besteht aus flüssigem H_2O , das Weltmeer dagegen ist eine ungefähr 3% ige wässrige Salz-Lösung, und es erhebt sich die Frage, ob die gegenwärtige Concentration des Salzgehaltes immer dieselbe gewesen sei.

MOHR¹⁾ ist wohl der erste Geologe gewesen, welcher mit Nachdruck den Gedanken verfochten hat, dass nicht nur das H_2O des Seewassers, sondern dass auch die Salze des Seewassers in einem beständigen Kreislaufe begriffen sind. Durch negative Strandverschiebungen gelangen chemische Absätze des Meeresbodens auf das Festland, durch die Flüsse werden sie dem Ocean wieder zugeführt, nirgends ist Ruhe, überall herrscht ein Wandern des Stoffes, und selbst unsere härtesten Gesteine haben nur eine zeitlich begrenzte Dauer.

Es wird wohl stets in Dunkel gehüllt bleiben, wie hoch der Salzgehalt des Urmeeres gewesen sei. Wenn wir aber erwägen, dass schon im Cambrium die lebenden Gattungen *Lingula* und *Discina* zu Tausenden gefunden werden, so ist es wahrscheinlich, dass eine wesentliche Veränderung des marinen Salzgehaltes seit dem Cambrium nicht eingetreten ist.

Eine Thatsache von hervorragender Wichtigkeit hat FORNHAMMER 1865 zuerst erkannt, dass nämlich das relative Verhältniss der Bestandtheile des Meerwassers überall dasselbe ist. Mag der absolute Salzgehalt 0,1 oder 4,3% betragen, immer sind Chloride, Carbonate und Sulphate gleichmässig darin vertheilt. Nur in abgeschlossenen Meereshuchten, oder im marinen Grundwasser — also nur da, wo die Diffusion verlangsamt oder unterbrochen wird — kann das relative Verhältniss der Salze sich ändern. Deshalb müssen wir ein Gleiches für alle Zeiten der Erdgeschichte annehmen, und jedes Meer der Ver-

1) FRIEDRICH MOHR, Sitzungsber. Münch. Acad. der Wiss. 1865, I, S. 185. Geschichte der Erde. Eine Geologie auf neuer Grundlage 1866.

gangenheit als mit einer relativ gleichartig zusammengesetzten Lösung erfüllt betrachten.

Zu den charakteristischen Erscheinungen des gegenwärtigen Meeres gehört eine bestimmte vertikale Tiefe und eine bestimmte horizontale Flächenausdehnung.

Wenn es eine Zeit gegeben hat, wo die Oberfläche der Lithosphäre keine Niveaudifferenzen zeigte, so musste unter der Annahme, dass das Meeresniveau einer Ellipsoidfläche entsprach, ein gleichmässiges Urmeer im Mittel 3440 m tief gewesen sein. Durch die Rotation der Erde hätte diese mittlere Tiefe am Aequator grösser, am Pol kleiner sein müssen. Allein die Untersuchungen der letzten Jahrzehnte haben gelehrt, dass die Meeresoberfläche sehr wesentliche Abweichungen von der regelmässigen Ellipsoidgestalt aufweist. Auf einem Globus von Manneshöhe würde die mittlere Tiefe des Oceans und die Tiefe des „gleichmässigen“ Urmeeres $\frac{1}{2}$ mm betragen. Diese dünne Wasserhaut stellt sich nun nicht so ein, dass alle auf einem Breitengrade liegenden Radien gleich lang sind, sondern ihr Niveau wird überall beeinflusst von der intrakrustalen Vertheilung der Massen. Jahrhunderte lang hat man geglaubt, dass das Küstenniveau genau übereinstimme mit dem Niveau des offenen Meeres, und selbst in dem Ausdruck „Strand“verschiebung sind noch Reste jener alten Ansicht enthalten, dass das Niveau des Strandes ebenso constant sei, wie das Niveau des offenen Meeres. Die noch immer vorkommenden Missverständnisse, die Verwechslungen von Hebung und Strandverschiebung lassen sich darauf zurückführen.

Klar und deutlich wird aber das Verhältniss positiver und negativer eustatischer Bewegungen, wenn man das Augenmerk auf das offene Meer richtet. Hier kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass ein Ansteigen des Wassers, eine Vergrösserung der Wassertiefe als positive Phase, dass eine Verkürzung der Lothdistanz, ein Sinken des Wasserspiegels, als negative Phase bezeichnet werden muss.

Die Tiefe des Meeres in der Mitte der Océane, auf hoher See ist eine relativ konstante Grösse, die sich nach der Ansicht vieler Oceanologen nur wenig verändert. In dem Maasse, wie wir uns aber den Grenzen des Festlandes nähern, wird die Tiefe des Meeres, und damit auch seine Flächenausdehnung veränderlich. An der Küste verstärkt sich nicht nur die Wirkung der Gezeiten von 1 m auf 15 m, sondern auch die säcularen Oszillationen, welche auf offener See unmerklich sind, werden bedeutsamer und ausgiebiger. An den Küsten erhebt sich, wie es schon 1848 v. BRUCHHAUSEN¹⁾ prophetisch aussprach, das Meeresniveau hoch über seinen mathematisch normalen Stand, und selbst das Gefälle der Flüsse ist in Wirklichkeit grösser, als der empirische Fallwinkel beträgt.

Jede Veränderung des Meeresniveaus, jede Aenderung der Meeres-tiefe bewirkt eine Verlagerung der Meeresgrenzen. Lange Zeit hat man geglaubt, dass das Wasser nur nach dem Erdmittelpunkt zu fallen strebe, und dass infolgedessen nur die topographischen Depressionen²⁾

1) v. BRUCHHAUSEN, Neues Jahrb. für Min. 1848, S. 299.
Das. 1850, S. 824.

2) DANA, Americ. Journal 1889, S. 192.

in ihrer Ausdehnung und Form die Gestalt und Vertheilung der Océane bestimmen. Durch Senkung einer Erdscholle bildete sich eine Depression, und das Wasser füllte dieselbe so weit aus, dass das allgemeine Gleichgewichtsniveau wieder hergestellt wurde. Durch Hebung traten Kontinente über den Meeresspiegel, und die verdrängte Wassermasse floss nach den anderen Meeren, und erhöhte in entsprechender Weise das allgemeine Niveau der Hydrosphäre. So wurden Hebungen und Senkungen mit kühner Hand in alle erdgeschichtlichen und thiergeographischen Spekulationen eingeführt, und Niemand prüfte ihre wissenschaftliche Berechtigung.

Seit zwei Jahrzehnten hat man gelernt, dass das Meeresniveau keine konstante Fläche ist, dass der Stand des Meeresspiegels von der lokalen Vertheilung anziehender Massen hochgradig beeinflusst wird. Und in konsequenter Ausbildung dieses Grundgedankens haben MURRAY u. a. Forscher die Ansicht ausgesprochen, dass auch die Grösse und Orientirung des Weltmeeres, dass selbst die centralen Theile der Océane in ihrer Lage nur von Massenvertheilungen im Innern der Erde beeinflusst werden; dass also der Pazifik nicht deshalb vom 60° N. Br. bis zum 70° S. Br. und vom 140° bis zum 250° Oestl. L. reicht, weil dieses Gebiet topographisch tiefer liegt, als Eurasion, Australien und Amerika, sondern deshalb, weil unter diesem Theil der Erdrinde schwerere anziehende Massen liegen. Mag auch eine Entscheidung dieses schwierigen Problems jetzt noch nicht möglich sein — zweifellos liegt dieser letzteren Ansicht ein wichtiger Gedanke zu Grunde, und die neuerdings so oft betonte Konstanz der Tiefsee und der Océane gewinnt in dieser Beleuchtung eine überaus lehrreiche Gestalt.

Mit Rücksicht auf die ferner zu behandelnden marinen Vorgänge kehren wir jetzt auf den Ausgangspunkt unserer Betrachtungen zurück und betonen, dass das Weltmeer eine einheitliche Wasserfläche darstellt, deren Mittelpunkt auf der südlichen Halbkugel nahe bei Neuseeland liegt, dass Atlantik, Indik und Nordpazifik nördliche Golfe des Universalocéans sind, und dass¹⁾ alle physikalischen Erscheinungen, welche irgend einen Theil dieser grossen Wassermasse betreffen, als Theilerscheinungen der grossen einheitlichen Phänomene des Weltmeeres betrachtet werden müssen.

Die im Verhältniss zum Erdradius überaus dünne Wasserhülle des Weltmeeres zerfällt in zwei übereinanderliegende Stockwerke, welche, mit Rücksicht auf alle Probleme der Wasserbewegung und Wärmevertheilung und der organischen Welt, sehr verschiedene Bedingungen zeigen.

Während in den oberen Wasserschichten die Isothermobathen rasch aufeinanderfolgen, gelangen wir in einer Tiefe von ungefähr 900 m zu einer Wasserschicht, deren Temperatur etwa 5° C. beträgt, und dieses Niveau bildet eine neutrale Schicht zwischen den beiden Stockwerken. Oberhalb der neutralen Schicht variiert die Temperatur bedeutend über grosse Strecken; die Isothermobathen sind bald gleichartig geschichtet, bald drängen sie sich nach der Oberfläche hin zusammen; — unter-

1) W. THOMSON, Gen. Ocean Circulation. Am. Journal 1878, II, 349 f.
Nature 1878, August 22.

halb der neutralen Wärmeschicht sinkt die Temperatur universell sehr langsam und mit abnehmender Grösse bis zu dem Minimum am Meeresboden.

Das obere Stockwerk des Oceans wird durch die Passatwinde beeinflusst, und die Wasser über der neutralen Schicht bewegen sich als Meeresströmungen in mannichfaltiger Weise. Durch ihren Verlauf wird die organische Welt des pelagischen Plankton und Nekton bestimmt, und die thiergeographischen Regionen der Meeresoberfläche abgegrenzt. Noch in der Hinlopenstrasse unter 80° N. Br. treffen wir Medusen der amerikanischen Ostküste, die der Golfstrom so weit verschleppt hat, und Bambusstengel Westindiens werden an der Nordküste Islands ans Land gespült. Während die Bewegung der Meeresströmungen in den Oberflächenschichten ihr Maximum erreicht, verlangsamt sich die Strömung mit zunehmender Tiefe, und wird nach der neutralen Schicht zu, immer schwächer. Die Consequenz davon ist, dass fast alle bionomischen Folgen der Meeresströmungen am Meeresgrunde nur im Bereich der Flachsee zum Ausdruck kommen, und dass die Tiefsee von ihnen wenig berührt wird.

Gegenüber der mannichfaltigen Bewegung und Strömung des oberen Stockwerkes im Ocean, zeigt die unter der neutralen Wasserschicht liegende, oft 4000 m dicke Wassermasse eine ganz andere Art der Bewegung. Wir müssen uns erinnern, dass der Mittelpunkt des Weltocéans auf der südlichen Halbkugel gelegen ist, dass das Südpolarmeer nahe diesem Mittelpunkt einen abkühlenden Einfluss auf die grosse Wassermasse ausübt, und dass die sogenannten Oceane nur grosse offene Buchten dieses Weltmeeres darstellen. Das kalte, schwere Südpolarwasser sinkt in die Tiefe, und bewegt sich am Boden des Meeres langsam nach Norden. Diese, mit kaum messbarer Geschwindigkeit erfolgende Bewegung, die Wasserversetzung des Südpolarmeeres, in der Richtung des Aequators und der nördlichen Meere, erfolgt unterhalb der neutralen Schicht, und beherrscht alle lithogenetischen und bionomischen Vorgänge der Tiefsee. Die Bodentemperatur des Meeresgrundes, die Existenz und der kosmopolitische Charakter der Tiefseefauna, die weite Verbreitung des antarktischen Diatomeenschlickes, und andere Verhältnisse sind abhängig von der Wasserversetzung. Da diese nordwärts gerichtete langsame Bewegung nur unterhalb der neutralen Schicht stattfindet, so bilden alle 900 m tiefen Bodenschwellen eine unüberschreitbare Grenze für das kalte Tiefseewasser. Die abgeschlossenen Becken des Malayischen Archipels, s. S. 49, die 13° C. hohe Bodentemperatur des Mittelmeeres s. S. 48 sind sprechende Beweise dafür.

Wenn wir das Gesagte überblicken, und unser Augenmerk besonders auf diejenigen Umstände richten, welche versteinern können, welche am Meeresgrunde zum Ausdruck kommen, so ist es zweifellos, dass man mit Hilfe mariner Faciesbezirke die Lage der Erdaxe nicht bestimmen kann. Die lithogenetischen und bionomischen Verhältnisse des Meeresgrundes richten sich nicht nach den Klimazonen. Alle offenen Meere unterhalb der neutralen Schicht von 900 m zeigen kosmopolitische, über alle Klimazonen gleichmässige Zustände; und die Verhältnisse am Boden der Flachsee werden viel mehr durch die diagonal zwischen Breitengraden und Meridianen verlaufenden Meeresströmungen,

als durch das solare Klima der Breitengrade beeinflusst. Nicht nur das marine Benthos, sondern ebenso Plankton und Nekton sind ziemlich unabhängig von dem Verlauf der festländischen Klimazonen, und ein Blick auf die thiergeographische Karte von FISCHER¹⁾ oder auf die Sedimentkarte von MURRAY²⁾ zeigt uns sofort, dass am Boden des gegenwärtigen Meeres sich weder die Sedimente, noch die Mollusken nach den festländischen Klimazonen richten. Die einzige thiergeographische Region, welche dafür sprechen könnte, die korallophile indopacifische Provinz, ist vom Atlantik ganz ausgeschlossen, und erreicht nicht einmal die Ostküste des Pacifik.

Der Korallenkalk und seine heteropischen Facies finden sich im Atlantik nur vom 10.—32.° N.Br., im Indik vom 25.° S.Br. bis zum 15.° N.Br., im Pacifik vom 32.° S.Br. bis zum 30.° N.Br. Ausserdem kommen sie in grösserer Entwicklung nur auf der Westseite dieser Meere vor, und vermeiden die Ostküsten der Océane ängstlich. Denkt man sich diese Facies versteinert und vollkommen erhalten, so wäre doch kein Geologe im Stande, aus ihrer Vertheilung die Lage des Aequators und die Stellung der Erdaxe zu bestimmen.

Es ist also ein methodischer Fehler, wenn man mit Hilfe mariner Faciesbezirke und mariner Lebensbezirke die Klimazonen der Erde bestimmen will. Hierfür kann man nur festländische Bezirke verwenden.

Wir unterscheiden nur 4 verschiedene marine Faciesbezirke, nachdem wir die festländische Natur des Litorals im letzten Abschnitt festgestellt haben. Flachsee und Tiefsee, die beiden fundamentalen Faciesbezirke des Meeres, gehen zwar ebenso wie die entsprechenden Lebensbezirke, s. S. 120 u. 155, ineinander über, und sind nur selten durch eine scharfe Grenze getrennt — aber sie bezeichnen trotzdem fundamental verschiedene Regionen.

Die Flachsee ist der Boden des Meeres oberhalb der neutralen Schicht. Sie ist das Gebiet der wechselnden Temperatur, der Meeresströmungen, und Wellenbewegung, sie umfasst die diaphane Region mit ihrem Pflanzenleben und ist durch die Nähe des Landes und des Litorals, sowie durch viele wechselnde Umstände das Gebiet grossen und raschen Facieswechsels. Alle geologischen Veränderungen machen sich zuerst in der Flachsee geltend, wenn das offene Meer und die Tiefsee noch keine Einwirkung spüren.

Die Tiefsee ist der Boden des unteren marinen Stockwerks, ihr fehlt die mechanische Wirkung bewegten Wassers, ihre Temperatur ist invariabel, keine benthonische Pflanze belebt ihren Boden, es fehlen ihr alle Pflanzenfresser, und ihre Sedimente entstammen zum grössten Theil dem offenen Meere. Ihre Facies ist über weite Strecken gleichmässig entwickelt, und wenn sie wechselt, so geschieht das durch unmerklich langsame Uebergänge. Nur wo durch vulkanische Kräfte oder Korallenbauten der Meeresgrund verändert wird, da finden sich zwei weitere Faciesbezirke ein:

Die Korallenriffe sind ein rein organischer Faciesbezirk, dessen charakteristische Kalksedimente eine grosse geologische Bedeutung be-

1) FISCHER, Manuel de Conchiliologie, I. Tafel.

2) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, Challenger Chart. 1.

anspruchen, während nur wenige andere Ablagerungen mit ihnen vergesellschaftet erscheinen. Der Sockel der Korallenriffe ist in der Regel durch raschen Facieswechsel ausgezeichnet.

Die Vulkaninseln bilden ebenfalls einen besonderen Faciesbezirk, der sich von den festländischen Vulkanen in mehrfacher Hinsicht unterscheidet.

Der Lebensbezirk der Aestuaren (S. 124—136) ist durch einen besonderen lithogenetischen Charakter nicht ausgezeichnet, und kann daher als besonderer Faciesbezirk nicht betrachtet werden. Der Lebensbezirk des offenen Meeres (S. 137—153) projicirt seine lithogenetischen Phaenomene bald auf den Boden des Flachsee oder der Tiefsee und der Archipele, und kann daher auch nicht als Faciesbezirk behandelt werden.

Betrachten wir jetzt die lithogenetischen Vorgänge des Meeres, so sehen wir am Meeresgrunde Denudation und Auflagerung sich vollziehen. Von den vier denudirenden Kräften fehlen Erosion und Deflation. Zwar giebt es mehrere Beispiele dafür, dass nahe dem Strand im flachen Wasser süsse Quellen entspringen:

Im¹⁾ Wattenmeer bei Langeness wurde einst eine süsse Quelle entdeckt, die später versiegte.

Bei²⁾ den Inseln Bahrein und Arad im Persischen Golf sind 30 submarine Quellen, deren Wasser von Tauchern geholt wird.

Im³⁾ Carterethafen auf Neumecklenburg entspringen am Meeresgrund einige Süsswasserquellen. Dicht neben denselben wuchsen Korallen.

Im Meere bei Tuban⁴⁾ auf Java, 100 m vom Ufer, entspringen süsse Quellen.

Nach den Beobachtungen von SEMON, im Jahre 1893, entspringen an der Ostküste der Insel Ambon zwischen Tingga-Tingga und Tulehu heisse Quellen im Meere. 100—200 m vom Strand, 2—3 m tief (bei Ebbe) sieht man an sieben Stellen Blasen aufsteigen. Der Grund ist sandig. Auch am Ufer und auf der Schorre steigen 60° C. warme Quellen auf. Das Wasser hat Schwefelgeschmack.

Heisse Quellen finden sich nach SEMON auch in der Bai der Bandainseln zwischen Neira und Sunong. Blasen steigen intermittirend an vielen Stellen aus 4—8 m an. Der Boden des Meeres ist felsig.

Alle diese Quellen finden sich in wenigen Metern Tiefe, und wenn man bedenkt, dass je 10 m Wassertiefe einem Atmosphären-druck entsprechen, der von der aufsprudelnden Quelle überwunden werden muss, so ist es wohl selbstverständlich, dass in grösseren Wassertiefen süsse oder andere Quellen vollkommen undenkbar sind, sofern es sich nicht um vulkanische Dampffumarolen handelt.

Da ausserdem das Süsswasser leichter ist als das Meerwasser, so kann ersteres keine denudirende Wirkung am Meeresgrunde ausüben.

Die Exaration kann im Polargebiet auch am Meeresgrunde denudiren, denn da Eisberge von 100 m Höhe beobachtet worden sind, und das Eis nur zu $\frac{1}{8}$ seines Volumen aus dem Wasser herausragt, so

1) MEYN, Abh. zur Geol. Spec.-Karte von Preussen, I, S. 745.

2) MAUGHAM, Ref. Neues Jahrb. f. Min. 1831, S. 480.

3) Gazellenexpedition, Bd. I, S. 238.

4) JUNGHUNN, Java II, S. 269.

können Eisberge noch in 800 m Tiefe exariren. Diese denudirende Wirkung ist aber auf das Gebiet der Flachsee beschränkt.

Die massgebende Denudationskraft des Meeres ist die Abrasion. Dieselbe wirkt überall, wo das Wasser stärker bewegt wird, und wenn auch ihre Kraft im Niveau der Strandlinie am heftigsten ist, so kann doch jeder Theil des Flachseebodens Abrasionsflächen zeigen. Durch das Unterwaschen der Küstengesteine, durch das Nachstürzen überhängender Felsen gewinnt allerdings die Abrasion, so sonderbar es auch klingen mag, auf dem Festland eine viel grössere Bedeutung als wie am Meeresgrunde.

Da sowohl die Wellen, wie die Meeresströmungen von Vorgängen in der Atmosphäre abhängig sind, so beeinflusst diese sehr wesentlich die Vertheilung der Denudationsflächen am Meeresgrunde. Der Boden von oceanischen Strömungen, der Boden stürmischer Küsten zeigt infolge dessen marine Denudationsflächen, während ausserhalb dieser Gebiete die Auflagerungsflächen überwiegen.

Die Wasserbedeckung macht es oft schwer am heutigen Meeresgrunde mit Sicherheit zu entscheiden, ob im gegebenen Falle eine Denudationsfläche oder eine Auflagerungsfläche den Meeresgrund begrenzt. Die Faciesbezirke der Flachsee und der Tiefsee zeigen vorwiegend horizontale Denudations- und Auflagerungsflächen, während ebenso Korallenriffe wie vulkanische Archipele durch starke Böschungswinkel ausgezeichnet erscheinen, und zu geneigten concordanten oder discordanten Trennungsfugen Anlass geben.

Die Ablagerungen des Meeres sind mechanischen, chemischen, organischen und vulkanischen Ursprungs.

Die mechanischen Ablagerungen (*terrigenous deposits* nach MURRAY) stammen¹⁾ von den Denudationsprodukten des Festlandes oder von dem Abrasionsmaterial des Meeresgrundes. Die Gerölle, Sand- und Schlammmassen werden nun in der Weise aufbereitet, dass mit zunehmender Entfernung vom Strand und mit zunehmender Wassertiefe immer kleinere Bestandtheile zur Ablagerung gelangen. In abgeschlossenen Seen und ruhigen Buchten wird das sandige Sediment des Strandes schon in wenigen Meter Tiefe schlammig, aber an den grossen Festlandsküsten beginnt das Schlammgebiet erst in 180 m Tiefe und geht dann allmählig über in die Schlick²⁾ablagerungen der Tiefsee. Mechanische Ablagerungen werden an der Mündung grosser Flüsse und in der Nähe des Polarkreises viel weiter von der Küste entfernt abgelagert, als an den Küsten abflussloser Gegenden.

Der Facieswechsel mechanischer Ablagerungen ist am Strande sehr gross und vermindert sich mit zunehmendem Küstenabstand und zunehmender Wassertiefe; alle die verschiedenen littoralen Sedimente gehen allmählig über in den Schlamm der Flachsee, welcher von grüner, blauer oder rothbrauner Farbe ist und der durch die Zunahme pelagischer Kalkreste sich in Globigerinenschlick, Pteropodenschlick, oder durch Kieselreste in Diatomeenschlick und Radiolarienschlick graduell verwandelt.

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 228.

2) MARSHALL, Die Tiefsee 1888, S. 49 schlägt vor, das englische Wort „ooze“ mit Schlick, und „mud“ mit Schlamm zu übersetzen.

In das eigentliche Tiefseegebiet gelangen nur sehr feinpulverige klastische Bestandtheile, und diese bilden immer nur einen kleinen Theil der dort vorhandenen Ablagerungen.

Chemische Ablagerungen können sich im normalen Seewasser nicht bilden. Nur wo eine Bucht durch eine Barre abgeschnitten wird, in ganz flachen, einer starken Besonnung ausgesetzten Litoralgebieten, und im marinen Grundwasser können die Salze des Seewassers durch Verlangsamung der Diffusion zur Fällung kommen. Mit Ausnahme der Kalkoolithe handelt es sich bei chemischen Absätzen des Meeresgrundes auch wohl meist um secundäre Vorgänge der Diagenese. Die Ausscheidung von Kalk und Dolomit in organischen Kalken, die Bildung von Concretionen und Krusten, die Verkittung mechanischer und anderer Sedimente, sind derartige Erscheinungen, die im Litoral wie in den grössten Tiefen vorkommen und leicht sekundäre Faciesunterschiede erzeugen.

Organische Ablagerungen von Kalk- und Kieselsäure u. s. w. gehören zu den charakteristischen Sedimenten des Meeres. Alle Faciesbezirke bilden organische Absätze und bei den Korallenriffen sind sie das massgebende Gestein. Die Bedingungen organischer Niederschläge sind vollkommen unabhängig von dem Sättigungsgrad der Lösung. Obwohl Gyps in grosser Menge im Seewasser enthalten ist, so bildet doch kein Thier und keine Pflanze gypshaltige Ablagerungen, während die geringen Spuren von Kieselsäure von mikroskopischen Algen oder Thieren aus dem Wasser entnommen und in Menge angehäuft werden. In den Tangen wird Brom und Jod, in den Koprolithen Phosphor¹⁾ angehäuft, obwohl diese Bestandtheile im Seewasser kaum analytisch zu bestimmen sind. Eine sehr grosse, bisher wenig gewürdigte Rolle spielen auch die Bakterien, die nicht nur eine Reihe von diagenetischen Vorgängen einzuleiten scheinen, sondern auch direkt sich an dem organischen Gehalt der verschiedensten marinen Ablagerungen betheiligen.

Vulkanische Ablagerungen sind zwar in dem Faciesbezirk der vulkanischen Archipele am häufigsten, aber sie fehlen eigentlich auch keinem anderen Faciesbezirk, und in der Tiefsee spielen die zersetzten vulkanischen Aschen und Bimsteine eine wichtige Rolle bei der Lithogenese.

1) PENROSE, Bull. U. St. Geol. Survey 1889, No. 46.

v. GUUMBEL, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. München 1864, S. 334.

23. Die Flachsee.

Durch die Ebbelinie wird das Litoral seawärts abgegrenzt, dagegen lässt sich dieser Faciesbezirk nach dem Festland zu nicht scharf begrenzen, und allmälige Uebergänge führen vermittelnd zu denjenigen Gebieten des Festlandes, welche frei sind von dem Einfluss des Meeres.

Nicht minder schwierig erscheint es, bestimmte Grenzlinien für die Fläche der Flachsee anzugeben. Die Flachsee ist ein rein mariner Faciesbezirk und wird demgemäss je nach dem Stand der Gezeiten durch die Ebbe- oder Fluthlinie von dem Litoralgebiet getrennt; aber unmöglich ist es, sie mit gleicher Schärfe von der Tiefsee abzugliedern.

Eine gute Trennungslinie scheint die Assimilationsgrenze (S. 4 und 155) darzubieten, denn auch im fossilen Zustande könnte man die Verbreitung mariner benthonischer Algen, und benthonischer Pflanzenfresser wiedererkennen — aber wir haben S. 166 gezeigt, dass die im Durchschnitt 400 m tief liegende Assimilationsgrenze grossen zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, dass z. B. das Polarmeer während der halbjährigen Winternacht bis zum Strande als aphotisch zu betrachten ist, und dass mithin während dieser Zeit hier eine Flachsee gar nicht existiren würde.

Etwas beständiger ist im Meere jene Grenzschiebt von 5° C., welche meist 900 m tief liegt, und das obere Stockwerk des Oceans mit seinen rasch wechselnden Temperaturen, seinen Wellen und Strömungen, seinem reichen Planktonleben, trennt von dem unteren Stockwerk, in welchem konstante Temperaturen herrschen, wo weder Strömungen noch Wellenbewegung messbar sind, wo nur die Wasserversetzung aus dem südlichen Weltocan langsam gegen den Aequator vordringt, und alle bionomischen Verhältnisse beherrscht.

Aber im Polarmeer und in allen Nebenmeeren, welche durch genügend hohe Schranken von der allgemeinen Zirkulation abgeschnitten sind — fehlt jene Sprungschicht, und hier gehört auch das tiefere Wasser facieell zur Flachsee. So müssen wir also darauf verzichten, eine scharfe Grenze zwischen Flachsee und Tiefsee zu ziehen, und feststellen, dass eine vermittelnde Uebergangszone von etwa 400—900 m Tiefe zwischen Flachsee und Tiefsee eingeschaltet ist.

Die Flachsee umfasst die Randgebiete des Meeres, die ganze Kontinentalstufe und alle unselbständigen Nebenmeere; sie umfasst die

diaphane Region des Meeresgrundes, und alle submarinen Bodenschwellen, die über die Assimilationsgrenze heraufreichen. Die Flachsee ist also das Gebiet der benthonischen Meerespflanzen und aller Pflanzenfresser.

Während an der einen Küste das 100 km breite Gebiet der Kontinentalstufe ganz zur Flachsee gehört, bildet sie an anderen Küsten nur eine schmale Uebergangszone. Aber die Flachsee hat ein ganz besonders hohes geologisches Interesse deshalb, weil die meisten geologischen Formationen aus Flachseeabsätzen bestehen, und weil die meisten geologischen Veränderungen in einer Verschiebung der Flachseegrenzen bestanden haben.

Die Ablagerungen der Flachsee sind Abrasionsprodukte oder stammen vom Festland. Alles Material, das die Flüsse dem Meere zuführen, ebenso wie die durch Eis gedrifteten oder durch den Wind deflatirten Sedimente, werden grösstentheils in der Flachsee abgelagert. Auch die Vulkanreihen, welche viele Küsten säumen, nehmen Antheil an den dort gebildeten Ablagerungen. Gegenüber den grossen Mengen mechanischer Sedimente, treten die organisch abgeschiedenen Absätze zurück, und wenn auch die Reste benthonischer Pflanzen und Thiere lokal den ganzen Charakter der Flachseeablagerungen bestimmen können, wenn auch chemische Niederschläge im marinen Grundwasser entstehen und die Zusammensetzung der mechanischen Sedimente verändern, so bleibt doch die Masse des terrigenen Materials immer vorherrschend, und bildet das massgebende Sediment.

Die Grundlage¹⁾ aller Sedimente des heutigen Meeresbodens ist das wasserhaltige Thonerdesilikat $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ gewöhnlich als Thon bezeichnet, und entstanden aus der Zersetzung der Thonerdesilikate in Felsenmassen, unter dem Einfluss von kohlensäurehaltigem Wasser. Die Silikate von Natron, Kali, Kalk, Eisen- und Manganprotoxyd werden so bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt und dieselben Silikate enthalten auch mehr oder weniger Thonerde und Mangan. Die eben aufgezählten Basen werden in Carbonate übergeführt, im Seewasser gelöst und weggeführt indem dabei Kieselsäure frei wird. Die Silikate von Thonerde und Magnesia sind weniger leicht löslich; infolge dessen bleiben sie zurück, werden in wasserhaltige Silikate umgewandelt und bilden auf der einen Seite Thon, auf der anderen Kalk. Da alle eruptiven und krystallinischen Gesteine zum grössten Theil aus Thonerdesilikaten bestehen, sind sie alle diesen Veränderungen unterworfen und erzeugen wasserhaltige Thonerdesilikate; deshalb muss man jene Gesteine und Mineralien als die wesentliche Quelle aller thonigen Substanzen in den Schichten der Erdrinde betrachten.

Obwohl wasserhaltiges Thonsilikat auch in reinem krystallisirtem Zustande in der Natur vorkommt, so ist es doch überaus selten. Gewöhnlich findet es sich in amorphem Zustand und gemischt mit allerlei fremden Beimengungen. Selbst Kaolin, den man gewöhnlich als reine Thonerde betrachtet, enthält immer mehr oder weniger Beimengungen von dem Gestein aus dem er entstanden ist. Kaolin und kaolinartige Thone sind immer von ihrem Bildungsort forttransportirt durch Wasser in dem sie suspendirt waren, und mögen gelegentlich frei von Ver-

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Dep. S. 338.

unreinigungen wieder abgesetzt worden sein; aber solche reine Thone sind relativ selten und kommen nicht als marine, oder wenigstens nicht als Tiefsee-Sedimente vor. Die grosse Mehrzahl der gewöhnlichen Thone enthält eine Menge Verunreinigungen, besonders diejenigen in der Tiefsee.

Diese Thone schmelzen vor dem Löthrohr, sind von brauner, gelber oder rother Farbe, und die darin enthaltenen Oxyde von Eisen und Mangan stammen als Carbonate von denselben Gesteinen ab, wie die Thonmasse, sind aber erst nachträglich als Oxyde in dem Thon ausgeschieden.

Die Thone mariner Sedimente können also nach ihrer Entstehungsweise in zwei Gruppen getheilt werden: zuerst die, deren Thonmasse hauptsächlich durch Flüsse vom Festland aus ins Meer getragen worden ist, und zweitens diejenigen, deren Thonmasse aus der Zersetzung von Gesteinen und Mineralien am Meeresboden gebildet worden ist. Die ersteren entsprechen den Thonen in terrigenen Absätzen, nahe dem Festland, während die letzteren den Thonen der pelagischen Sedimente correspondiren. Allein ein scharfer Unterschied beider lässt sich deshalb nicht durchführen, weil festländische Thontheile auch in die tieferen landfernen Oceanbecken gelangen mögen.

Die Flachsee gehört zur diaphanen Region, infolgedessen gedeihen überall benthonische Meerespflanzen und ein reiches Thierleben kann sich davon nähren. Im Gegensatz zur Tiefsee ist das Wasser der Flachsee meist bewegt, und die lokal wechselnde Wellenbewegung erzeugt durch Schlämmen beträchtliche Faciesunterschiede. Die Temperatur der Flachsee ist nach der Tiefe zu eine sehr verschiedene, dadurch wird aber wieder eine sehr wechselnde Vertheilung der benthonischen Organismen bedingt. Kurzum eine Reihe von Faktoren gestalten die Bedingungen und die Ablagerungen der Flachsee überaus mannichfaltig.

Das typische Sediment der Flachsee ist ein verunreinigter Thon, von grauer, blauer, grüner, brauner oder röthlicher Farbe, meist durchsetzt mit pflanzlichen und thierischen Resten, der sogenannte Kontinentalschlamm. Derselbe beginnt nahe der Küste und bedeckt die ganze Breite der Kontinentalstufe sowie den Boden aller Nebenmeere, an einzelnen Stellen reicht er sogar 4570 m tief und geht dann direkt in die Thone der Tiefsee über. Durch accessorische Beimengungen von Sand, Grand, Kies, Conchilien und Pflanzenresten kann der Kontinentalschlamm seine typischen Charaktere verlieren und, mehr oder minder, in andere Facies übergehen. Bald sehen wir Kieslager in den Schlamm eingeschaltet, bald Sandbänke, hier die Nadeln von Kiesel Schwämmen, dort Austernbänke und Muschelkalk. Durch eine Anzahl geologischer Vorgänge wird die normale Schlammfacies verändert und durch andere Ablagerungen ersetzt.

Da der Kontinentalschlamm dem Festlande entstammt und durch Denudation und Transport, durch Flüsse und Eis und Wind, in das Meer hineingetragen wurde, und weil die Wirkung dieser Transportkräfte ebenso wie die der Meereswellen vom Ufer nach dem offenen Ocean zu erlahmt, so werden wir in einem typischen Profil von dem Litoral durch die Flachsee nach der Tiefsee hinaus, eine immer mehr auffallende Abnahme der Korngrösse aller Ablagerungen beobachten.

Während am Ufer noch grobe Felsblöcke liegen, begegnen wir in der Schorre schon gerundeten Geröllen, dann werden die Gerölle immer kleiner, sie gehen in anfangs groben, dann immer feiner werdenden Sand über, und fern von der Küste wird der feine Sand allmählig ersetzt durch einen sandigen Schlamm, der endlich zu feinstem Schlick wird und darin den Übergang zu den küstenfernen Ablagerungen der Tiefsee findet. Dasselbe Bild der allmählichen Abnahme der Korngrösse begegnet uns in den Nebenmeeren und Mittelmeeren, die lithogenetisch sämtlich zur Flachsee gehören, selbst wenn ihre Tiefe noch unter die Assimilationsgrenze reicht.

Je nach der Böschung des Meeresgrundes, und nach der Weichheit der Küstengesteine folgen diese verschiedenen Ablagerungen der Flachsee in mehr oder minder breiten Säumen längs des Ufers hintereinander, und so wie die bionomischen Zonen der Flachsee (s. S. 113) in immer grösser werdenden Abständen aufeinander folgen, so ist im Allgemeinen die Zone der Gerölle am schmalsten, dann folgt die etwas breitere Zone des groben Sandes, das noch breitere Band des feinen Sandes, und endlich das ausgedehnte Gebiet des Schlammes. Kies, Grobsand, Feinsand und Schlamm sind also die normalen Facies der Flachsee, und normaler Weise bilden sie parallele, immer breiter werdende Zonen längs der Küste.

An den deutschen Küsten findet man nach der schmalen Kieszone und dem grobkörnigen Grand einen¹⁾ 2—3 km breiten Gürtel feineren Sandes, dann ein Gemenge von Sand und Schlamm, und in 4 km Abstand und etwa 25 m Tiefe nur noch Schlamm. Die Wanderung der Strandsände (s. S. 834—35) hört in 10 m Tiefe auf.

Aber diese typische zonare Anordnung der Facies ist keineswegs überall zu beobachten, und durch 5 verschiedene Ursachen entsteht eine Veränderung der zonaren Faciesreihe. Die erste Ursache solcher abnormen Faciesentwicklung bieten die Flüsse; denn der Fluss mündet an einer kleinen Stelle des Küstensaumes, und wenn er auch ein breites Delta aufbaut, so ändert er doch auch wieder gerade dadurch die lokale Vertheilung der Facies. Der Fluss bildet Sandbänke und Inseln, eine reiche Vegetation siedelt sich auf denselben an, dann verschwinden sie wieder, und so wechselt beständig der Charakter der Ablagerungen im Delta. Zur Zeit des Hochwassers schiebt der Fluss seine Sedimente weit in die See hinaus, und da wo am flussfreien Küstensaum schon die Zone des Schlammes beginnt, da lagert der angeschwollene Fluss vielleicht erst seinen groben Sand ab. Indem der Fluss Bäume dahinträgt in deren Wurzelgeflecht Steine verstrickt sind, verändert er lokal den Charakter der Ablagerungen und bildet kiesreiche Untiefen mitten im Sand oder Schlamm.

Nach den Grundproben des Blake²⁾ findet sich das Sediment des Mississippi nur 200 km von der Mündung, dann beginnen schon die gewöhnlichen Tiefseeformen des Golfes von Mexiko.

Die braune Farbe³⁾ des Congowassers ist 450 km weit zu spüren und 400 km weit von der Mündung beobachtet man eine Menge

1) KELLER, Zeitschrift für Bauwesen 1881, Sept., S. 4.

2) AGASSIZ, Blake I, S. 131.

3) Gazelle I, S. 63.

Schilfstücke und verschlungene Bäume mit Wurzeln. Manche dieser schwimmenden Inseln hatten 100 m im Durchmesser. Sie schwimmen meist am Rande des Stromes. Nahe der Mündung wird das Planktonleben immer reicher, trotz des verminderten Salzgehaltes.

Unter 5° S. Br. und 8° O. L. in 3475 m findet sich schwarzer zäher Schlack mit reichlichem Pflanzendetritus.

Es kömmt hinzu, dass selbst die Flussmündungen keineswegs immer eine symmetrische Vertheilung ihrer Sedimente zeigen, besonders dann, wenn eine Küstenströmung dem Strande entlang läuft, und die nach dem Meere geführten Flusstrüben und Flusssande nur auf dem Ufer aufgelagert, wohin die Strömung gerichtet ist.

Eine zweite Ursache der Faciesveränderung erblicken wir in der erraticen Drift. Die durch Eisberge transportirten Moränemassen häufen sich im Bereich der Strömungen an, welche Eisberge verfrachten, und durch das Schmelzen eines einzigen blockhaltigen Eisberges kann lokal mitten im Schlammgebiet ein felsiger Boden und eine conglomeratistische Facies entstehen.

Am ¹⁾ Südpolarkreis werden Gletscherblöcke durch Eisberge bis zum 66° S. Br. transportirt.

Eine grosse Rolle in der Erzeugung von Faciesunterschieden spielt auch die Abrasion, besonders diejenige submariner Felsen. Mitten im Schlammgebiet der Nordsee erhebt sich die „Doggerbank“ eine sandige Untiefe, welche wahrscheinlich ²⁾ eine abradirte Insel ist, über der sich Schaaaren von Fischen sammeln, und den Norddeutschen Fischern reiche Beute liefern. Im Golf von Neapel erheben sich mitten aus dem blauen Schlamm eine Anzahl submariner Klippen: die letzten Reste abradirter Vulkane; und die 3 km lange Secca di Benda Palummo zeichnet sich durch ein reiches Thierleben und sehr wechselnde Facies aus. Die berühmten Fischgründe der Neufundlandsbänke sind ebenfalls weiter nichts als ein durch Abrasion zerstörtes Inselland, und ihr Boden ist mit den verwitterten Felsen und Geröllen desselben weithin bedeckt.

Pflanzen und Thiere des Benthos sind im hohen Maasse geeignet, um die Facies der Flachsee zu verändern. Der Kontinentalschlamm enthält 2—99 % kohlensauren Kalk, zum grossen Theil entstanden aus den abgestorbenen Skeletten von Thieren und Pflanzen. Wo sich im Gebiet des Kontinentalschlammes eine Austerbank ansiedelt, wo ein Kalkalgenlager gedeiht, da wechselt rasch der Kalkgehalt des Sedimentes und damit die Facies des Meeresbodens. Es ist zu betonen, dass eine derartige Veränderung der Facies von ausschliesslich bionomischen Ursachen abhängt, und dass mithin eine geringe Veränderung der Wassertemperatur, ein Wechsel in der Strömung rasch eine sehr wesentliche Veränderung des Sedimentes herbeiführt.

Endlich erkennen wir in der Wasserbewegung eine überaus wichtige Ursache des Facieswechsels. Das gröbere Korn der littoralen Sedimente, die Zunahme von Sand und Kies nahe dem Ufer der Flachsee, ist zum Theil eine Wirkung der in jenen geringen Tiefen ununterbrochenen Wellenbewegung. Durch sie wird beständig das Sedi-

1) SABINE, Neues Jahrb. für Min. 1844, S. 312.

2) METZGER, Zool. Ergebnisse der Nordseefahrt 1872, S. 256.

ment geschlämmt, das gröbere Material sinkt rasch zu Boden, der feine Schlamm wird im Wasser vertheilt, und je heftiger und beständiger der Boden von den Wellen aufgerührt wird, desto schlammfreier ist das dort abgelagerte Sediment.

In ¹⁾ der Meerenge von Gibraltar, wie in den Dardanellen ist das Sediment sandig, während es in ähnlichen Tiefen des Mittelmeeres überall schlammig ist. Der Grund hierfür liegt in den beständigen Strömungen, welche beide Meerengen durchziehen. Der Boden des Golfstromes ist im Gebiet seiner grössten Geschwindigkeit vollkommen reingefegt von allen thonigen und schlammigen Bestandtheilen, und ist nur mit größeren Muschelresten übersät.

Sandbänke ²⁾ entstehen überall da, wo sich zwei Wasserströme begegnen und einander in ihrer Bewegung hemmen. So erzeugen fast alle grossen Temperaturströmungen der Weltmeere dort, wo sie sich begegnen und theilweise einander überlagern, weit ausgedehnte Bänke.

Indem wir die Ablagerungen der Küste und der Schorre, die Ablagerungen der Deltas, der Lagunen der Korallenriffe, und der vulkanischen Inseln hier unberücksichtigt lassen, begegnen uns im Gebiet der Flachsee folgende 10 wichtigere Ablagerungstypen, die wir nach ihrer Verbreitung und Bildung einzeln behandeln wollen:

1. Kies und Geröll ist weitverbreitet im Gebiet der Schorre an allen felsigen Küsten. In allen Nebenmeeren (Ostsee, Mittelmeer), die keine bemerkenswerten Gezeiten haben, fällt die Schorre weg, und dann beginnt die Flachsee mit einem Lager meist vollkommen glattgeschauerter Gerölle und Kiesel. An ³⁾ der Küste von Monaco säumt ein mit Kalkgeröllen bedecktes Band das Ufer. Die Gerölle sind von verschiedener Grösse, nützen sich aber durch die Wellenbewegung leicht ab. Ihre Farbe ist meist bräunlich, mit einem gelben oder grauen Ton. Dazwischen liegen an gewissen Stellen abgerollte Conchilien, dann schwarzer Schiefer in gerundeten Scheiben, Serpentin, Sandstein, Protogin und selten Quarz in Geröllen. Diese letzteren Gesteine stammen aus den Alpen und zwar aus Gebieten, die heute nicht zum hydrographischen System der Küste gehören.

Südlich von Ia Nouvelle findet man am Ufer ein Lager scharfkantiger Quarzbruchstücke, zwischen denen blätteriger Orthoklas, Quarzit, Glimmerschiefer, Ophit, Serpentin, Granit vorkommt.

An der Küste von Corsika zieht sich, vielfach unterbrochen, ein Band von Geröllen entlang.

An den britischen Küsten sind die Gerölle sehr seltsam vertheilt, gewöhnlich sind sie feinkörnigeren Sedimenten beigeengt und finden sich oft noch in beträchtlichen Tiefen, so dass man anzunehmen geneigt ist, dass sie zur Eiszeit abgelagert worden sind.

Auch an den Nordseeküsten ziehen sie sich längs des Ufers hin, nur von 59° N.Br. zwischen Norwegen und den Orkaden findet man Gerölle bis in 100 m Tiefe.

Längs der Kreideküsten des Kanals und von Rügen finden wir ausgedehnte Lager von Feuersteinknollen, die, aus den Kreidefelsen

1) DELESSE, Lithologie du Fond des Meer, S. 338.

2) KLOEDEN, Erdkunde I S. 88 nach KELLER.

3) DELESSE, S. 150, 176, 207, 347, 354, 359, 310, 316.

ausgewaschen, dichtgedrängt nebeneinander liegen, untermischt mit erraticchem Material.

In der Ostsee liegen Geröllbänke, annähernd parallel der Schwedischen Küste in langen Kämmen nebeneinander. Bei Bornholm treten sie 60 m tief, bei Gotland 100 m tief auf. Wahrscheinlich sind es erratische Schuttmassen.

Im Kanal beobachtet man Kiesflächen von unregelmässiger Gestalt, scheinbar unabhängig von der Richtung der Strömungen. Aehnliche küstenferne Kieslager, von einer Sandzone umgeben, finden wir auch längs der Bretagne mitten im Schlamm.

Der ¹⁾ Triton fand in der Farö-Shetland-Rinne auf dem W. Thomson-Rücken in 475 m ausschliesslich Kies und Steine, Sandstein, Diorit, Glimmerschiefer, Gneiss, Hornblende, glimmerhaltigen Sandstein, Kalkstein; nordöstlich des Rückens in 1100 m (Kalte Area) harten blauen Schlamm, südwestlich (Warme Area) weichen grauen Schlamm vgl. S. 54.

2. Der Uebergang vom Kies zu dem Sand vollzieht sich meist sehr rasch.

Am ²⁾ Isthmus von Sablettes findet man am Ufer Kiesel von 1 cm Durchmesser, die schon in 2,5 m Tiefe durch feinen Sand ersetzt werden. Dieser geringe Tiefenunterschied genügt also hier, um eine so wesentliche Veränderung der Facies zu bewirken. Auch wechselt dabei das Verhältniss der mineralogischen Bestandtheile, denn der Kies besteht im Wesentlichen aus denselben Gesteinen wie die umgebenden Gebirge, während der Sand relativ reicher an Quarz ist. Wenn man erwägt, dass der Sand aus der Zerstörung des Kiesel entsteht, so begreift man auch, dass darin der härtere Quarz in grösserer Menge enthalten ist, als die chemisch und mechanisch leichter zerstörbaren anderen Mineralien.

Am Golf von Jouan findet man von Garoupe bis nach Croisette einen röthlichen Feldspathsand von sehr gleichmässigem Korn, mit reichlichem Quarz und Glimmer und wenig Granat. Die Körner sind eckig, wenig gerollt, nur ihr Kalkgehalt ist sehr gering. Dasselbe Sediment beobachtet man im Golf von Napoule.

An der Küste von Aude ist der feinkörnige Sand grau, bräunlich und schwärzlich.

Am Fuss der Pyrenäen ist der Sand, entstanden aus der Zerstörung von Granit, recht arm an Feldspath, weil dieses Mineral viel leichter zerstört wird als der überwiegende Quarz.

An der Küste von Pornic findet man einen Quarzsand mit Glimmerblättchen, Granat, Feldspath, Staurolith und Eisenoxyd mit vielen Muschelresten.

Um das Mittelmeer bildet der Sand eine meist schmale, oft durch Felsen oder Kies unterbrochene Randzone. Dieser Rand wird am Fuss der Alpen und der Pyrenäen sehr schmal, an flachen Küsten dagegen wieder breit, besonders wenn Inseln vorgelagert sind oder an den Flussmündungen, und kann manchmal bis in 150 m Tiefe reichen.

Die Beschaffenheit des Sandes trägt manche Züge der umgebenden Küstengebirge zur Schau. An der Mündung des Volturno beobachtet man lange Streifen blauschwarzen Magneteisensandes auf

¹⁾ Ann. für Hydrographie 1883, S. 194, 613.

²⁾ DELESSE, S. 250, 155, 157, 175, 178, 198, 203, 297, 310, 336.

dem Quarz und Feldspathsand der Küsten, und die Deltaablagerung zeigt ein regelmässiges Wechsellagern solchen hellen und schwarzen Sandes in 0,5—2 cm dicken Schichten.

An der Küste bei Pozzuoli ist ebenfalls Magneteisensand weitverbreitet. Bei Torre del Greco finden wir als Verwitterungsrückstand einer olivinhaltigen Lava einen Olivinsand, der noch in 5 m Tiefe und 500 m vom Strande den Meeresboden bedeckt; während am Fuss der Tuffwände von Sorrento der Sand wesentlich aus Sanidin besteht.

Die Insel Corsika wird von einem Sandgürtel umgeben, der manchmal durch Kieslager ersetzt wird.

Die atlantische Küste von Frankreich wird durch ein meist sehr ausgedehntes Sandlager begrenzt. Am Fuss der Pyrenäen ist dasselbe 10 km breit, bei Arcachon 20 km, und gegenüber der Mündung der Garonne erreicht es eine Breite von 120 km, in Tiefen unterhalb 50 m sind mehrfach feine Kiese eingeschaltet.

Auch fast die ganze Breite des Aermelkanals ist mit Sand bedeckt, wahrscheinlich eine Folge der heftigen Wasserbewegungen.

Die Nordsee, deren Rand vielfach von einem breiten Sandgürtel umgeben ist, hat auch in ihrer Mitte mehrere grosse Sandbänke im Schlammgebiet; sie erheben sich oft bis nahe an den Wasserspiegel und werden dadurch der Schifffahrt gefährlich. Manche dieser Bänke bilden Sandrücken, die parallel nebeneinander herziehen.

Sehr verbreitet sind ähnliche Sandbänke der Nordafrikanischen Küste von Tripoli und Tunis. Im Golf von Gabes findet sich Sand noch 200 km von der Küste.

Auch in der Ostsee ist der Sand weitverbreitet. Bei Bornholm findet er sich noch in 60 m Tiefe, auch an den Flussmündungen ist er vorherrschend, und die lange Dünenkette der deutschen Küste entstammt dem überall vorhandenen Quarzsand der Flachsee.

Eine grosse Rolle spielt hier wie überall die Facies für die Verbreitung der Organismen:

Der¹⁾ Strand der Kieler Bucht wird meist von feinem, grauen Sand bedeckt. Einige Meter tief geht er über in einen weichen, schwarzen, nach Schwefelwasserstoff riechenden Schlamm, der hauptsächlich aus feinem Thon, faulen Pflanzenstoffen und animalischen Resten besteht. Ein Hauptbestandtheil desselben bildet das abgestorbene Seegras (*Zostera marina*), das von 5—18 m Tiefe in dichten Schichten auftritt. Es findet sich lebend vom Strand bis zu 10 m tief, und bildet ausgedehnte Wiesen, in denen sich viele Fische, Krebse, Würmer, Mollusken und Echinodermen aufhalten. Wo Steine den Boden bedecken, siedelt sich *Fucus vesiculosus* und *F. serratus* an.

In der flachen sandigen Litoralregion lebt *Arenicola piscatorum* L., *Cardium edule* und *Mya arenaria* im Sande eingegraben. An Steinen hängen *Spio seticornis* Fab. *Litorina litorea* L., *L. tenebrosa* Mont. und *Rissoa ulvae* Perm. kriecht oft zahlreich in kleinen Lachen herum. Unter trocken gelegten Steinen findet sich *Jaera*, *Sphaeroma* und *Planarien*, hin und wieder auch *Corophium longicorne* Fab. und *Anthura gracilis* Mont. *Crangon vulgaris* ist hier nicht so häufig, wie auf dem breiten Sandstrand der Nordsee. Dagegen ziehen im

1) MEYER & MOEBIUS, Fauna der Kieler Bucht, 1.

Sommer dichte Schaaren von *Palaemon squilla* L. im flachen Wasser entlang. *Carcinas maenas* L. spüht überall nach Bente.

Die Region des grünen Seegrases reicht vom Strand bis zu 10 m Tiefe und ist reicher belebt als der Sandstrand. Das nahe am Wasserspiegel wachsende Seegras ist im Sommer von unzähligen *Rissoa labiosa* Mont. bedeckt, dazwischen leben *Sygnathus acus* L., *S. typhle* L. und *S. ophidion* L., sowie verschiedene Varietäten von *Lacuna vincta* Mont. Auch viele Opisthobranchiaten leben hier, wie *Acolis*, *Doris*, *Polycera*, *Elysia* und *Pontolimax*. An den Seegrasblättern sitzen *Ascidia*, *Membranipora* und Schaaren von *Mysis flexuosa* Müll. *Gammarus locusta* Mont., *Amphitoe* und *Idotea tricuspidata* Desm. verkriechen sich darin. Im Sommer kriechen viele junge Exemplare von *Asteracanthion* darauf herum.

Auf *Fucus vesiculosus*, der bei Düsternbrook und Holtenau in dieser Region auftritt, halten sich *Littorina obtusata* L. und *Sphaeroma* sp. auf.

Ein eigenthümlicher Platz in der Region des Seegrases ist der flache Theil der Rhede von Laboe. Der Boden ist sandig und schlammig und dicht mit Ulven bewachsen, worauf Schaaren von *Rissoa ulvae* Penn. und *Littorina tenebrosa* Mont. leben. Im Sande ist *Spio seticornis* sehr häufig und im schwarzen Schlamm leben *Capitellio capitata* Lm. und eine *Clitellio*-Art.

Die Region des abgestorbenen verwesenden Seegrases von 5 bis 18 m Tiefe, wird noch von manchen nackten Hinterkiemern bewohnt, die schon als Insassen der grünen Seegrasregion genannt wurden, nämlich von *Acolis Drummondii*, *Ae. rufibranchialis*, *Ae. alba*, *Doris muricata*, *D. proxima*, *Pontolimax capitatus* und *Elysia viridis*. Die letzte dieser Schnecken wurde im Winter wiederholt in zahlreichen Gesellschaften in derselben angetroffen. Ihr vorwiegender Bewohner ist jedoch *Acera bullata*, wovon fast jeder Zug des Schleppnetzes viele Exemplare zu Tage befördert. Zieht man es im Frühling über den Grund, so sammelt sich auch der Laich dieser Schnecke darin an, bisweilen so reichlich, dass man Hände voll davon herausnehmen kann.

Ein recht häufiger Bewohner des abgestorbenen Seegrases ist die kleine *Terebella zostericola* Oersd., die eine Schleimröhre an die Blätter klebt, woraus sie sehr lange, hin und her tastende Fühlfäden hervorstreckt. Eine ähnliche Wohnung baut sich hier auch *Nereis zostericola* Oersd. auf den braunen Zosterablättern. *Dynamena pumila* L., *Campanula gemiculata* Ellis entwickeln auf ihnen ihre zierlichen Büsche und auch die Strobilaformen von *Medusa aurita* Per. *Cyanaca capitata* Esch. nehmen darauf Platz. Zwischen den Massen des faulenden Seegrases, die das Schleppnetz gewöhnlich schnell füllen und das Aufziehen desselben sehr erschweren, trifft man stets auch Würmer an, besonders *Polynoë*- und *Nereis*-Arten, *Eulalia*, *Nephtys borealis* Oersd., *Eteone pussilla* Oersd., *Castalia punctata* Oersd., *Scoloplos armiger* Müll., *Oncholaimus*-Arten, *Polystemma roseum* Oersd. und *Nemertes gesserensis* Müll.

In sandigem Boden unter dem todtten Seegras hält sich *Cardium fasciatum* Mont. auf, und im Winter ziehen sich auch *Palaemon squilla* L., *Mysis flexuosa* Müll., und *Asteracanthion rubens* L. in diese Tiefe zurück.

An der Oeffnung der Bucht, bei Bülk, besteht der Seeboden aus unfruchtbarem Sand und Steinen, worauf kein Seegras gedeihen kann. Hier wachsen aber fast auf jedem Steine Büschel von Blasantang, zu dem sich in grösseren Tiefen auch Säugetang gesellt. Diese Tange sind die Vertreter des grünen und todtten Seegrases in den ihren Regionen entsprechenden Tiefen.

Die Thierbevölkerung dieser Gegend ist nur spärlich, aber eigenthümlich. Nur hier wurden einige SchaaLEN von *Amphisphyra hyalina* Turt. gefunden und *Chiton cinereus* L., und *Acmaea testudinalis* Müll. von heraufgehobenen Steinen, Tangblättern oder SchaaLEN lebender *Littorinen* abgenommen, und einige Exemplare von *Astarte sulcata* da Costa an tiefen Stellen mit dem Schleppnetz gefangen. *Littorina obtusata* L., *Cynthia rustica* Müll., und *Spirorbis nautiloides* Lm. findet man auf Blasantangbüscheln gewöhnlich in zahlreichen Gesellschaften, und neben ihnen einzelne *Lacuna vineta* Mont. Häufig bilden auch Moosthiere *Sarcochiton polyomm* Hassall und mehrere *Alcyonidium*-Arten und Gruppen der zierlichen *Clava multicornis* Pall. Ueberzüge ihrer Blätter, zwischen welche sich der schöne, kirschroth gefleckte *Gammarus Sabinei* Leach einzeln verbirgt. Zuweilen begegnet man schwimmenden Blasantangbüscheln, die entweder von grossen Steinen losgerissen wurden, oder sich mit ihrem kleinen Steine in die Höhe hoben, weil die Entwicklung der Lufthöhlen ihr specifisches Gewicht so sehr verminderte, dass sie der Stein nicht mehr am Boden halten konnte. Mit ihnen steigt dann auch die thierische Bevölkerung an die Oberfläche und wird endlich irgendwo an den Strand geworfen, dem auf diese Weise auch mancher Stein aus der Tiefe zugeführt wird.

Grössere Steine tragen oft auch Ueberzüge eines Schwammes (*Halichondria panicea* Pall.), worauf sich *Nymphon grossipes* Müll. gern aufhält. Von Würmern findet man auf ihnen *Castalia punctata*, *Spio seticornis* Fab., *Polynoë*, *Terebellan* und verschiedene *Turbellarien* (*Polystemma* und *Monocelis*). Auch sind sie der gewöhnliche Wohnplatz der dickhörnigen Seerose (*Tealia crassicornis* Lm.).

Die Region der rothen Algen von 9–18 m Tiefe nährt die grösste Sternschnecke der Bucht, die *Doris pilosa*, die zarte *Ancula cristata* und die schwarzgestreifte *Polycera quadrilineata*. Die letztere steigt jedoch auch in die beiden nächst höheren Regionen hinauf, wie umgekehrt *Elysia viridis* aus den Seegrasregionen zu den rothen Algen hinunter geht. *Embletonia pallida* und *E. Mariac* führen hier auch ihr verborgenes Leben.

Crenella discors Wood liebt es, sich zwischen den Zweigen rother Algen festzusetzen. Wachsen diese auf schlammigem Grunde, so sind sie oft auch von *Molgula tubularis* Rathke, einer fast kugelförmigen Seescheide, bewohnt, die sich gern mit todtten Pflanzenstückchen beklebt. Auf den Algenzweigen siedeln sich auch Colonien von *Alcyoniden* und *Crisien* an.

In dieser Region kommen *Stenorhynchus phalangium* Lm. *Hippolyte Gaimardii* Edw. und *Podopsis Slabberii* van Ben. zerstreut vor; häufiger als diese ist *Gammarus Sabinei* Leach hier. Die dünnleibigen Kruster: *Caprella linearis* Hbst. und *Leptomera pedata* Müll. wohnen hier gesellig auf Algen und Schwämmen, worauf sich ihre

Hinterbeine festklammern, während sich der Vorderkörper aufgerichtet mit den tastenden Fühlern und Fangbeinen umherwiegt.

Syphonostoma plumosum Müll. hängt durch zahllose schleimige Fäden in den Algenzweigen fest. Ein kleiner grüner Seeigel, *Echinus miliaris* Leske, scheint nur vereinsamt daran herumzukriechen. *Lucernaria quadricornis* Müll. wird nur als seltener Bewohner der Bucht in dieser Region angetroffen.

An tiefen sandig-lehmigen Stellen zwischen Friedrichsort und Bülk lebt *Aeolis papillosa*, und auf ähnlich beschaffenen Gründen an der Mündung der Bucht liegen Bänke von *Cyprina islandica* L. Zerstreut kommt diese grosse Muschel binnenwärts bis in die Nähe des Hafens vor; auf ihrer Schale sitzen ebenso wie auf *Mytilus edulis*, manchmal Gruppen von *Balanus crenatus* Brug. Auf den tiefen Sandgründen an der Mündung der Bucht, wo Stein- und Goldbutt gefischt werden, lebt *Fusus antiquus* L. und trägt auf seiner Schale oft *Bryozoen*.

Die Region des schwarzen Schlammes in 10—20 m Tiefe, ist durch viele eigenthümliche Thierarten und durch Reichtum an Individuen ausgezeichnet. Sie beherbergt die kleine *Cylichna truncata* Turt. und *Philine aperta* L.; *Cerithium reticulatum* da Cost, *Buccinum undatum* L. und *Nassa reticulata* L. (stets mit *Hydractinien* auf ihrer Schale) kommen zwar auch in den Regionen des toten Seegrases und der rothen Algen vor, allein in Schlammgrund, der viel zerfallene Reste toten Seegrases enthält, sind sie weit zahlreicher und auch grösser. *Crenella nigra* Gray spinnt sich hier an Steinen oder an kleinen Büscheln von Miesmuscheln fest, die sich auch in diesen dunklen Tiefen durch ihren Byssus vor Anker legen. *Corbula nucleus* Lmk., *Solen pellucidus* Penn., *Syndosmya alba* Wood, *Scrobicularia piperata* Gm. und *Tellina solidula* Pull. sind Muscheln, welche fast überall im schlammigen Grunde leben. An manchen Stellen ist die kaum linsengrosse *Montacuta bidentata* Mont. überraschend häufig.

Von Krustenthieren geht nur *Cuma Rathkii* Kröy in diese Region, wo sie überall in den Schlamm eingegraben lebt.

Hier ist das eigentliche Reich der Würmer. *Nephtys borealis* Oersd. und *Scoloplos armiger* Müll. entführt fast jeder Schleppnetzzug aus ihren dunklen Wohnplätzen an's Tageslicht. *Leucodore ciliata* Johnst. lebt in Röhren von Schlammtheilchen gesellig auf lebenden und toten *Cyprinen*, auf gesunkenen Holz- und Lederstücken im Hafen. Mehr zerstreut schlängeln sich *Phyllodoce mucosa* Oersd. *Eteone pusilla* Oersd. und *Cephalotrix coeca* Oersd. durch den lockeren Schlamm. *Terebellides Strömii* Sars und eine Species *Sabellides* bauen sich hier walzenförmige dickwandige Röhren aus Schleim und Schlamm, und *Amphitrite auricoma* Sav. sucht daselbst Sandkörnchen für ihren Köcher zusammen. An flacheren Stellen dieser Region, besonders nahe bei der Stadt, leben auch zwei verschiedene *Dipteren*-Larven in weichem Boden. An einigen der tiefsten Punkte ist der finstere Grund dicht mit biegsamen, schlammbedeckten Röhren einer kleinen Sabelle (*Chone papillosa* Sars.) gespickt, und wühlen zwei bleiche, augenlose Würmer: *Priapulus caudatus* Lmk. und *Halicryptus spinulosus* Sieb. im schwarzen Moder. In dieser Tiefe halten sich auch die grössten Exemplare von *Asteracanthion rubens* L. auf. Diese Seesterne und

auch *Buccinum undatum* fangen sich gewöhnlich an den auf den Grund gesenkten Angeln der Fischer; sie mögen also wohl die daran befestigten Würmer ebenso gerne fressen, wie die Schollen, welche man damit ködern will. Ungemein zahlreich ist ein hübscher ziegelrother Schlangenstein, *Ophiura albida* Forb., und eine kleine freie Seerose, *Edwardsia duodecimcirrata* Sars. im weichen Moder der Schlammregion.

Auf der Oberfläche der Hafenpfähle und Bretter, der Badeschiffe, Böte und Landungsbrücken, siedeln sich, so weit sie unter Wasser stehen, Miesmuscheln (*Mytilus edulis* L.) an, deren junge Brut oft wie ein dichter Rasen darauf wuchert. Zwischen oder auf ihnen wachsen nicht selten Büschel von *Campanularia geniculata* Ell. und *Eudendrium rameum* Ehb., auf denen *Acolis exigua* und *Acolis Drummondii* im Jugendalter gern weiden. Am 17. November 1861 fanden die Beobachter einen grossen Fischkasten im Hafen, den die Fischer, um ihn zu reinigen, aus dem Wasser gezogen hatten. Ihn bedeckte ein dichter grauer Rasen von *Eudendrium rameum*, der sich in der kurzen Zeit zweier Monate darauf entwickelt hatte; denn am 17. September desselben Jahres hatte man den Kasten, frisch getheert, in das Wasser gebracht.

Inwendig im Holze, das im Wasser steht, bohren *Teredo navalis* L. und *Teredo norvegica*, Spengl. ihre Wohngänge und tapeziren sie mit einer dünnen Kalkschicht aus.

Die reichsten unter den künstlichen Wohnplätzen in der Kieler Bucht sind die Muschelpfähle. So heissen die Bäume, welche die Fischer von Ellerbeck auf den zu ihren Häusern gehörenden Plätzen unter Wasser pflanzen. Die Muschelbäume ziehen sich an beiden Seiten der Bucht dem Düsternbrooker und Ellerbecker Ufer entlang; gleichsam wie unterseeische Gärten, die man nur bei ruhiger See unter dem klaren Wasser sehen kann. Treiben anhaltende Westwinde viel Wasser aus der Bucht hinaus, so ragt wohl hier und da die höchste Spitze eines Baumes über den niedrigen Wasserspiegel heraus. Sonst bleiben sie immer bedeckt und unsichtbar.

Auf den stärkeren Aesten sitzen häufig Seesterne, mit Muscheln im Magen, also im Begriff zu speisen, unbeweglich fest. Braune Seescheiden (*Actinoloba dianthus* Ell.) und grosse Seescheiden (*Ascidia canina* Müll.) sind einzeln zerstreut oder gruppenweis darauf angesiedelt. Fleischfarbige *Nereiden* schlängeln sich zwischen den schwarzen Muscheln hin; Schuppenwürmer (*Polynoe*) kriechen langsam über die Schalen und *Nemertinen* gleiten im schlüpfrigen Überzuge des Baumes dahin. Unter der Rinde liegen dünne Fadenwürmer (*Oncholaimus*) zusammengeknäult und im Innern des Holzes wohnen Schiffsbohrer.

Wenig Schalen der Miesmuscheln sind rein und unbewohnt; oft sitzen die Polypenformen der Ohren- und Haarqualle darauf; viele tragen Actinien, Ascidien und Stöcke von *Campanularia geniculata* Ell., *Eudendrium rameum* Ehb.; und *Sarsia tubulosa* Less., worin sich nackte Fadenschnecken (*Acolis Drummondii*, *Ac. rufibranchialis*, *Ac. exigua*) und *Dendronotus arborescens* aufhalten.

Beinahe¹⁾ das ganze Areal des Golfes von Triest erfüllt ein

1) OESTREICHER, Verh. Geol. Reichsanstalt. Wien 1868, S. 48, 143.

Schlammgrund, der an den Mündungen des Dragogna und Risano als gelber Lehm, sonst überall als eine schwarzgraue Masse auftritt. An der nördlichen Küste, wo die Friauler Flüsse münden, reicht der hellgelbe Flusssand bis 2 km vom Ufer. Da, wo er in 8–10 m Tiefe in den schwarzen Schlamm übergeht, dehnt sich ein langer Streifen dunkler Pflanzen aus. Im Südwesten ist eine Ablagerung von grobem Muschelsand. An allen Inseln und Untiefen findet sich mitten im Schlamm ein sandiges Sediment. Foraminiferen sind in allen Ablagerungen häufig.

Der ¹⁾ Lauf des Golfstromes wird durch die Beschaffenheit der Bodenproben gekennzeichnet. An jeder Seite des Golfstromes besteht der Boden aus weichem Schlick, aber in dem Gebiet des Stromes selbst aus kleinen harten Stücken von zertrümmerten Korallen. Auf der Höhe von Charleston erstreckt sich dieser Korallenboden über die ganze Breite des Stromes.

Die Form und Ausdehnung submariner Sandflächen ist grossen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Ein interessantes Beispiel hierfür bildet jene Sandbank, die als Adamsbrücke ²⁾ von Südindien nach dem nördlichen Ceylon hinüberreicht. Die durch den Nordost- oder Südwestmonsum aufgeregten Wellen drängen sich durch die Palustrasse hindurch und bilden Sandbänke von wechselnder Form und wechselnder Lage, die theilweise verhärtet als Sandsteinklippenzug die flache Meerenge durchsetzen. An den dabei gegebenen Profilen, kann man sehen, dass alle Arten von Schichtung in diesen Klippen auftreten, dass aber die unregelmässige Schichtung und die Diagonalschichtung dabei vorherrscht.

Der ³⁾ Seeboden, wenn er aus Sand oder aus feinem Kies besteht, ist niemals ganz eben, sondern stets flach gefurcht. SIAU beobachtete im Hafen von St. Gilles am Kanal diese Rippelmarken bis in eine Tiefe von 188 m. In den Thälern lagen schwere Basaltkörner, auf den Rücken leichter Kalksand. In 20 m Tiefe waren die Rücken 30–45 cm voneinander entfernt und 8–10 cm über den Thälern erhoben. In den grösseren Tiefen wurden die Wellenlängen kleiner ⁴⁾.

3. Durch Vorwiegen des Schlammes, und Zurücktreten des Sandes entsteht ein Sandschlamm, der allmähig überleitet zu dem schon mehrfach, als typisches Sediment der Flachsee genannten Kontinentalschlamm. Je nach seiner vorherrschenden Farbe unterscheiden wir zuerst den Blauschlamm.

Am Golf von Gascogne ist der schlammige Sand in einer breiten Uebergangszone zu finden, die von 50–60 m Tiefe reicht und zwischen Sand und Schlamm vermittelt. Aber in der Regel ist der Sand nur auf eine schmale Uferzone beschränkt, und macht schon in 15 m Tiefe dem Blauschlamm Platz.

Die Kontinentalstufe und der Abfall der Kontinente gegen die Tiefsee, ebenso wie die ganz oder halb abgeschlossenen Meere werden bedeckt von einem blauen oder schieferfarbigen Sediment, dessen oberste

1) BARTLETT, Annalen für Hydrographie 1882, S. 654.

2) J. WALTHER, Petermanns Erg.-Hefte No. 102.

3) HAGEN, Seeuferbau, I, S. 103.

4) Ueber die Bildung der Rippelmarken vergl. A. R. HUNT, Proc. R. Soc. London 1882, S. 1, DARWIN, das. 1883, S. 18.

Schicht im Kontakt mit dem Seewasser eine mehr rothe oder braune Farbe besitzt. Die blaue Farbe verdankt es dem Gehalt an organischer Substanz und Eisensulphid, während die rothe oder braune Farbe der obersten Schicht von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat herrührt. Getrocknet wird der Kontinentalschlamm durch Oxydation des Eisensulphides grau oder braun. Die Konsistenz ist meist erdig, seltener thonig, und der Kalkgehalt kann bis zu 35 % betragen.

Die grösste Tiefe, in welcher blauer Schlamm vom Challenger beobachtet wurde, betrug 5120 m.

Nach Behandlung mit Salzsäure bleibt ein brauner oder grauer Rückstand, der im Mittel 88 % beträgt. Im Allgemeinen sind die Mineralkörner grösser nahe der Küste, und feinkörniger nach der Tiefe zu, sofern nicht Eisberge gröberes Material den Tiefseeablagerungen beimengten. Der Challenger fand in 32 Fällen nur eckige, in drei Fällen nur gerundete, und in 21 Fällen gerundete und eckige Körnchen. Die Grösse der Mineralkörnchen schwankt von 0,06 zu 0,3 mm im Durchmesser.

Während Quarzfragmente in echten Tiefseesedimenten selten oder nicht vorhanden sind, werden dieselben in dem Kontinentalschlamm sehr häufig und geradezu charakteristisch. Ausserdem findet man: ältere krystallinische Gesteine, Quarzit, Sandstein, Kalkstein, Orthoklas, Plagioklas, grüne Hornblende, Augit, weissen und schwarzen Glimmer, Epidot, Chlorit, Zirkon, Turmalin und Glaukonit.

Bemerkenswerth für die grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Kontinentalschlammes sind zwei Analysen von derselben Station im Atlantik 3474 m tief:

	I.	II.
Glühverlust	: 5,6	6,2
Si O ₂	: 64,2	59,5
Al ₂ O ₃	: 13,5	19,4
Fe ₂ O ₃	: 8,3	7,1

u. s. w.

Der blaue Kontinentalschlamm bedeckt ausser dem Küstensaum und dem Boden der Mittelmeere, auch die ganze Fläche des Nördlichen Eismeeres.

An¹⁾ den Küsten der Bretagne sieht man ebenso wie an manchen britischen Gestaden, dass der Schlamm längs des Ufers überall da am meisten verbreitet ist, wo die Küste aus Schiefergesteinen besteht, so dass in diesen Fällen ein Zusammenhang von Küstengestein und Sediment leicht zu erkennen ist. Aber da fast alle verwitterten Gesteine schliesslich Schlamm bilden, so ist seine weite Verbreitung nicht schwer zu erklären.

Im Mittelmeergebiet ist der Blauschlamm sehr weit verbreitet. An steilen Küsten findet er sich schon ganz nahe am Strand. Im Golf von Neapel findet man bis in 15 m Tiefe und bei einem Küstenabstand von 200 m noch ziemlich viel Sand. Bei 500 m Entfernung und 25 m Tiefe nimmt der Sand ab, und das Sediment wird schlammig, und 750 m vom Ufer in 32 m Tiefe ist kaum noch der Sand im Schlamm zu bemerken. In 50 m Tiefe endlich ist ein ganz weicher

1) DELESSE, S. 197, 294, 297, 301, 304, 328, 356.

Schlamm vorherrschend. Die im Sande häufigen Muscheln sind verschwunden und ausser kleinen Ophiuren findet man nur wenige kleine Holothurien und Anneliden.

Indem man sich von den Küsten Corsikas entfernt, trifft man bald auf Schlamm. Er nähert sich oft sogar in tiefen Buchten ganz dem Ufer bei Portovecchio, St. Manza, Bonifacio, Ajaccio, Sagone, Porto und Calvi. Der Schlamm scheint wesentlich aus der Zerstörung feldspathreicher Granite entstanden zu sein. Im Golf von Gascogne beginnt der Schlamm bei Cap Breton in 375 m, bei St. Sébastien schon in 50 m Tiefe.

Ein mehr oder weniger kalkreicher Schlamm bedeckt die Mitte des genannten Golfes. Nach dem Ufer zu folgen abwechselnde Zonen von Sand, sandigem Schlamm, Schlamm und Kies. Zwischen den Parallelen von Oberon und Tout-l'Abbe erstreckt sich eine breite Zone von Schlamm fast parallel der Küste. Im Süden ist sie 70 km, im Norden nur wenige Kilometer vom Strande entfernt, ihre Tiefe wechselt zwischen 65 und 135 m.

Dass im Kanall fast aller Boden mit Sand bedeckt ist, haben wir schon erwähnt. Nur den Küsten entlang beobachtet man viele Schlammgebiete von geringer Ausdehnung, besonders in den ruhigeren Buchten und in der Nähe von schieferigen Gesteinen.

Im Golf von Persien folgt auf die Sandzone am Ufer ein ausgedehntes Schlammgebiet, das sich dem östlichen Ufer nur wenig nähert. An gewissen Stellen steigt der Schlamm bis zu sehr geringen Tiefen herauf. Schlammflecken sind im südlichen Golf im Sandgebiete häufig.

An den Niederländischen Küsten fehlt der Schlamm fast vollständig, ebenso an den westlichen Küsten von Dänemark, um so weiter ist er im mittleren Gebiet der Nordsee verbreitet. Eine isolirte Zone desselben zieht sich längs Dänemarks von 100—400 km Breite. In der Norwegischen Rinne ist ebenfalls Schlamm vorherrschend. Im Allgemeinen finden wir in der Nordsee Schlamm in geringen wie in grossen Tiefen.

In der Ostsee bedeckt der Schlamm einige voneinander gesonderte Flächen und lässt sich immer in einiger Entfernung von der Küste oder von den Inseln verfolgen.

An der Travancoreküste¹⁾ befinden sich bei Narracal und bei Poracaud vor den Lagunen schlammige Bänke, auf denen zur Zeit des SW.-Monsums die Wellen fast ruhig sind. Nächst dem Schlamm ist wohl das Oel daran schuld, welches im Schlamm enthalten durch Stürme aufgewühlt und zur Oberfläche aufgetrieben wird.

4. Statt²⁾ des blauen Kontinentalschlammes findet sich an felsigen Küsten, an denen keine grossen Flüsse münden, grüne Sedimente, in denen Glaukonitkörner vertheilt sind. Man bezeichnet sie als Grünschlamm.

An der Küste von Kalifornien fand die TUSCARORA in 180 bis 730 m schwarze Sande, welche fast gänzlich aus dunkelgrünen 0,6 mm grossen Glaukonitkörnern bestanden. So reine Glaukonitsande sind

1) KING, Rec. Geol. Survey of India, Bd. XVII, S. 27.

LAKE, das., Bd. XXIII, S. 41.

2) CHALLENGER, Deep Sea Dep., S. 236 f.

selten, während grünsandhaltige Sedimente in Tiefen von 180 bis 1645 m ziemlich weitverbreitet sind. Vereinzelte Glaukonitkörner finden sich aber auch ebenso in geringeren wie in grösseren Tiefen, nur nicht so zahlreich, dass man das Sediment Grünsand nennen dürfte. Glaukonit fehlt in den eigentlichen Tiefseeablagerungen und überall da, wo viel Eisenoxydhydrat oder viel Flussschlamm vorhanden ist.

Vergesellschaftet mit dem Glaukonit treten Phosphatconcretionen auf.

Der Grünschlamm findet sich von 180—2300 m. Der Kalkgehalt beträgt Spuren bis 56 %, er nimmt mit grösserer Tiefe und Entfernung vom Lande zu. Der Lösungsrückstand beträgt: 44 bis 100 %. Darunter finden sich die Kieselreste von Diatomeen, Radiolarien, Spongien, Sandforaminiferen in 1 bis 50 %. Eckige Mineralkörner sind (abgesehen von den runden Glaukonitkörnern) häufig vorhanden und haben einen Durchmesser von 0,06 bis 0,2 mm. Quarz, monokliner und trikliner Feldspath, Magnetit, Hornblende und Augit sind am häufigsten, aber geradezu charakteristisch sind Bruchstücke festländischer Gesteine, sowie Turmalin, Zirkon und Granat. Kleine Concretionen von Kalkphosphat sind häufig.

Nach geringeren Tiefen zu geht der grüne Schlamm in Grünsand über, der sich nur in Tiefen oberhalb 1650 m findet. Die mittlere Korngrösse beträgt 0,2 mm.

In manchen Fällen ist der Glaukonitgehalt des Kontinentalschlammes durch mechanische Beimengung von Glaukonitsand entstanden. So beschreibt DELESSE¹⁾ vereinzelt Glaukonitkörner im Sand von Honfleur, von Saint-Valery-en-Caux, von Calais, Dunkerque, an der Mündung des Escaut, von Zandvoort und anderen Küsten, an denen glaukonitische Gesteine anstehend gefunden werden.

5. Daneben giebt es aber primär entstandene Grünsande, die ein besonderes geologisches Interesse beanspruchen.

Unter²⁾ den Mineralien moderner mariner Absätze ist der Glaukonit eines der interessantesten und am weitesten verbreitet. Dieses Interesse hat darin seine Begründung, dass er eines der wenigen Silikate ist, welche sich im heutigen Meer bilden, und dass er nicht universell über den Meeresboden verbreitet, sondern auf die Sedimente der Küstenzone beschränkt ist. Die Glaukonitkörner der heutigen Sedimente bieten in Form und Grösse eine vollkommene Uebereinstimmung mit den in dem Erdschichten vom Cambrium bis zum Tertiär beobachteten.

Unter den von der Tuscarora an den Küsten von Californien gesammelten Grundproben sind verschiedene Proben eines dunkelgrünen oder schwarzen Sandes, der fast vollständig aus fast 1 mm grossen Glaukonitkörnern besteht. Einige wenige Foraminiferen und Mineralkörnchen von derselben Grösse sind diesen dunkelgrünen Glaukonitkörnern beigemischt. Wenn die von MURRAY untersuchten Proben in demselben Zustand gefunden wurden, als sie zur Beobachtung kamen, so ist das Sediment, welches sich in 180 m bis 550 m hier findet, der reinste Glaukonitsand der Gegenwart; denn alle übrigen bekannten Glaukonitsedimente sind nicht so rein wie die erwähnten.

1) DELESSE, S. 217, 238, 233, 236, 238.

2) MURRAY & RENARD, *Chall. Deep Sea Deposits*, S. 378 f.

Die reinsten Glaukonitsande des Challenger enthalten 40—50 % Foraminiferen und andere Kalkreste zusammen mit den Resten von kieselligen Organismen. In der Regel erkennt man die Glaukonitkörner erst wenn man den Kalk mit Säure entfernt hat.

Der Rückstand ist gewöhnlich grünfleckig oder braun, und besteht aus zahlreichen dunkelgrünen Glaukonitkörnern nebst den Ausgüssen von Foraminiferen und anderen Kalkorganismen in hellgrüner oder brauner Farbe.

Die einzelnen Glaukonitkörner sind kaum grösser als 1 mm, aber auf der Agulhas Bank werden sie in 180—270 m Tiefe zu mehreren Centimeter grossen Knollen miteinander cämentirt. Die typischen Körner sind immer rund, oft warzig, hart, schwarz oder dunkelgrün, manche sind vollständig mit einer hellgrünen Haut überzogen, ihre Oberfläche ist entweder matt oder glänzend. Gelegentlich zeigen sie die ungefähren Umrisse einer Foraminifere oder anderer Organismen.

Untermischt mit solchen typischen Körnern mag man wohl auch zahlreiche hellgrüne Körner sehen, welche offenbar die Form der Kalkschalen darbieten. Manche sind geradezu innere Modelle, welche mit aller Schärfe und Genauigkeit die Form der Schalenkammer wiedergeben, in denen sie abgelagert wurden.

In manchen Sedimenten überwiegen die hellfarbigen und braunen Ausgüsse, so in der Torresstrasse in 280 m Tiefe.

Wenn man den Lösungsrückstand mit viel Wasser schüttelt, so scheidet sich das Sediment in drei verschiedene Theile. Der erste Theil besteht aus typischen dunkelgrünen Glaukonitkörnern, der zweite enthält mehr helle Körner, und der dritte wird grösstentheils aus weissen, hellgrauen, gelben und bräunlichen Abgüssen gebildet. Wenn man eine Probe typischen Grünschlammes härtet und einen Dünnschliff anfertigt, so kann man beobachten, dass eine grosse Zahl der Foraminiferenkammern und der Hohlräume in Echinodermenstacheln hohl sind, während andere zum Theil ausgegossen sind mit einer bräunlichen halb durchsichtigen Substanz. Diese braune Masse kann ein oder zwei Kammern erfüllen, oder nur ihre Innenfläche auskleiden; in dieser Weise findet man alle Uebergänge von nur theilweise, zu vollkommen ausgefüllten Hohlräumen. Oftmals beobachtet man, dass einige der kleineren Kammern entschieden grün gefärbt sind, während die grösseren gelb oder bräunlich erscheinen; wiederum sind andere Schalen mit einer dunkelgrünen Substanz erfüllt, welche alle Eigenschaften des typischen Glaukonits darbietet. So kann man eine Uebergangsreihe aufstellen von der hellbraunen Substanz zu der hellgrünen Füllmasse und endlich zu den dunkelgrünen Glaukonitkörnern. Nie hat man äussere Abgüsse an der Oberfläche von Foraminiferenschalen beobachtet, obwohl ausnahmsweise einige Schälchen einen dünnen glaukonitischen Ueberzug erkennen liessen. Sehr häufig gaben die röthlichen unvollständigen Foraminiferensteinkerne die Reaktion von Kalkphosphat.

Es scheint, dass durch das Wachsthum des Glaukonitsteinkernes oftmals die Foraminiferenschale gesprengt wird und dann beim Weiterwachsen ein unregelmässig gerundetes Korn entsteht. In manchen Grünsanden und Grünschlammern findet man zahlreiche kleine Körner von derselben Grösse und Form wie die Glaukonite, von bräunlicher

oder grüner Farbe, die nach ihrer Struktur zu urtheilen, umgewandelte Körner krystallinischer Gesteine sind.

Endlich mag noch erwähnt werden, dass in dem Grünschlamm geringerer Tiefen, mit dem Glaukonit oftmals eine braungüne amorphe Substanz auftritt, mit oder ohne organischen Gehalt, welche auf dem Platinblech erhitzt schliesslich die braune Farbe von Eisenoxyd annimmt.

Dünnschliffe von Glaukonit werden beim Poliren durchsichtig und besitzen eine wundervolle grüne Färbung; sie sind im allgemeinen homogen, ohne speciellere Struktur, sofern nicht kleine Fremdkörper eingeschlossen sind. Bisweilen ist die Farbe am Rand etwas dunkler, aber solche Ausnahmen scheinen von beginnender Zersetzung herzuführen. In zersetztem Zustand kann auch die normale grüne Farbe in röthliche oder bräunliche Nüancen übergehen. Niemals waren Anzeichen für Dikroskopismus zu erkennen. Unter gekreuzten Nickols löscht der Schliff nie auf einmal aus, sondern zeigt aggregirte Polarisation. Niemals haben die Körner einen zonaren Aufbau, wenn sie nicht zersetzt zu werden beginnen, ebenso wenig erkennt man eine radialfaserige oder concretionäre Struktur; die Glaukonitsubstanz selbst ist homogen.

Glaukonit findet sich ausschliesslich in terrigenen Sedimenten nahe den kontinentalen Landmassen; er wird selten und fehlt vollständig nach der Mitte der Oceanbecken zu. Er ist charakteristisch und gelegentlich sehr häufig in Grünschlamm und Grünsand, und fast immer, wenn auch in geringer Menge in Blauschlamm zu finden. Er kömmt auch in Globigerinenschlick vor, wenn derselbe nahe von der Küste stammt und wenn festländische Sedimenttheile darin häufig sind. Ja sogar in Rothem Thon und anderen echt pelagischen Sedimenten wurde er aufgefunden, wenn dieselben von Gegenden stammten, in welche festländische Partikelchen durch treibende Eisberge oder durch Wind getragen werden. Zweifellos ist es ob irgendwo typische Glaukonitkörner in der Nähe von Vulkanen vorkommen, ebenso fehlten sie dem Korallenschlamm und Korallensand, sofern diese nicht an kontinentalen Küsten auftreten. Wo festländischer Detritus durch Flüsse in grosser Menge ins Meer geführt wird, wo sich Sedimente sehr rasch anhäufen, ist der Glaukonit relativ selten, während er zahlreich auftritt wo die Sedimentation langsamer verläuft.

Der Challenger fand Glaukonit an der Küste von Portugal, von Westafrika, Ost-Nordamerika, Neu Seeland, Capland, vom Antarktischen Kontinent, Australien, Philippinen, China, Japan und Nordamerika. Er findet sich auch im Mittelmeer und bei Nordschottland.

Soweit es bisher bekannt ist, findet man keinen recenten Glaukonit in der litoralen und sublitoralen Zone. Am häufigsten findet er sich an der unteren Grenze der Wellenbewegung von 360—550 m, während er nach der Tiefe zu selbst über 3600 m tief beobachtet wurde.

Grünsand-Gebiete¹⁾ finden sich 60—100 m tief an der Grenzlinie zwischen Kiesel und Kalksediment am Innenrand des Golfstromes. Hier und da auch im tieferen Wasser unter dem Strome selbst. Die cinen Foraminiferenschaalen waren noch frisch und ganz, aber erfüllt

1) AGASSIZ, (Pourtalès) Blake, I, 279.

mit einer rostfarbenen Masse, welche in die feinsten Kanäle infiltrirt war. Andere Schälchen waren zerbrochen und die Füllmasse war grünlich geworden, endlich findet man Formen ohne Schalenreste, welche vollkommen das Innere der Schale erkennen lassen, die sich endlich zu Steinen vereinigen. Ausser Foraminiferen betheiligen sich auch noch andere Organismen an diesem Vorgang.

• Zur Glaukonitbildung gehört nach MURRAY eine Küste aus alten krystallinischen Gesteinen (in Island fehlen solche) ohne Süßwasserströme, ein ruhiges Wasser und Meeresströmungen, welche längere Zeit über die krystallinischen Gesteine geflossen sind und sich mit Salzen anreichern konnten. So finden wir sie nördlich von Florida, aber nicht südlich davon, im NW. Spanien, SO. Australien, und an den schottischen Küsten.

6. Längs ¹⁾ der Küste von Brasilien und im Gelben Meer an der Mündung des Yangtsekiang findet sich statt des blauen Schlammes ein rothes Sediment, der Rothschlamm, entstanden aus den lateritisch verfärbten Absätzen des Amazonas, Orinoco und anderer Flüsse. Obwohl hierin auch organische Substanz enthalten ist, so scheint sie doch nicht hinzureichen, um das Eisenoxyd in Protoxyd zu verwandeln, noch findet sich genügend Eisensulphid. In beider Hinsicht ähnelt der rothe Kontinentalschlamm dem Tiefseethon. Es ist bemerkenswerth, dass keine Spur von grünen Glaukonitkörnern darin gefunden wird.

Der rothe Kontinentalschlamm ist rothbraun. Der Kalkgehalt beträgt 6 bis 60 %. Der Lösungsrückstand ist röthlichbraun oder gelb und beträgt 39 bis 94 %. Diatomeen und Radiolarien kommen kaum darin vor. Unter den Mineralkörnern ist Quarz am häufigsten.

Die chemische Analyse ergab aus einer Tiefe von 1234 m:

Glühverlust :	6,02		
SiO ₂ :	31,66	K ₂ O	1,33
Al ₂ O ₃ :	9,21	SO ₃	0,27
Fe ₂ O ₃ :	4,52	CO ₂	17,13
CaO :	25,68	Cl	2,46
MgO :	2,07		
Na ₂ O :	1,63		

Der Rothschlamm ist ein Sediment, das auf die tropischen Meere beschränkt ist, und dessen Verbreitung ziemlich enge Grenzen hat.

7. Ein noch kleineres Verbreitungsgebiet besitzt der Oolithsand, ein chemischer Kalkabsatz, über dessen Entstehung noch recht wenig bekannt ist. An den Küsten von Florida, auf den Keyinseln und am Ufer des nördlichen Rothen Meeres finden sich, wie schon erwähnt, Dünenzüge, die gänzlich aus weissegelben, 0,3 mm grossen Oolithkörnern bestehen. Die Auflagerung derselben zu festländischen Dünen wurde S. 849 beschrieben, hier müssen wir aber auch erwähnen, dass im Golf von Sues in ganz seichtem Wasser das Sediment aus solchen Oolithkörnern besteht, die hier als Flachseeablagerung in ausgedehnten flachen Sandbänken aufgeschichtet werden. Wenn man bei tiefer Ebbe auf die Rheede von Sues hinauswandert, so kann man leicht beobachten, dass an mancher derartiger Sandbank 50 cm tiefe wohlgeschichtete Aufschlüsse zu erkennen sind, und dass die Oolith-

1) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 234 f.

sande, gelegentlich untermischt mit Muschelschaalen und foraminiferenreichen Kalksandschichten, den ganzen Meeresboden bedecken. Wie die obersten Schichten hierbei durch Diagenese verhärtet werden, ist schon S. 699 beschrieben worden.

8. Zwar ist der Sand und Schlamm der Kontinentalstufe von sehr wechselnder Korngrösse, und es bilden sich dadurch in raschem Wechsel sehr verschiedenartige Facies. Allein diese Faciesunterschiede werden bei weitem übertroffen von denjenigen, welche durch den Wechsel des Kalkgehaltes im Kontinentalsschlamm entstehen. Durch ein Vorwiegen des Kalkes verändert der Schlamm seine Farbe, er wird heller, lockerer, geht in Mergel über, und durch viele Uebergänge verknüpft, entstehen endlich jene phytogenen und zoogenen Kalklager, die wir noch gesondert zu behandeln haben. Der Kalkgehalt des Kontinentalsschlammes kann drei verschiedene Quellen haben. An allen Kalkküsten wird dem Meereissand und Schlamm immer eine beträchtliche Menge von Kalk mechanisch beigemengt. Man braucht gar nicht an die weichen Kreidekalke von Rügen zu denken, deren Kalkschlamm nach jedem Sturm das Meer an der Küste milchig färbt, denn selbst harte Kalkgerölle werden durch die Brandung zerrieben und dabei wird stets Kalkpulver gebildet.

Das ¹⁾ linke Ufer der Girondemündung besteht aus Sand, das rechte aus Kalkfelsen. Infolgedessen ist das Sediment zur Linken ein kalkarmer Quarzsand, während auf der rechten Seite am Ufer ein grobkörniges Sediment von 80 % Kalk, dann weiter draussen ein Schlamm von 12 % Kalk abgelagert wird. Auch an der Loiremündung finden wir im sandigen Schlamm der rechten Seite 5 %, auf der linken Seite 25 % Kalk.

Im Norden von La Nouvelle führen kleine Bäche Kalkgerölle ins Meer, die dem litoralen Sediment einen beträchtlichen Kalkgehalt geben, aber schon in 2,5 m Tiefe verschwindet der Kalk. Im Süden von La Nouvelle ist es gerade umgekehrt, dort fehlen auch die Kalkberge.

Im Golf von Marseille wird der Kalkgehalt des Schlammes immer geringer, je mehr man sich von den Kalkbergen entfernt und je grösser die Tiefe wird. Immerhin ist der Kalkgehalt überall beträchtlich und in Tiefen von 50 m beobachtet man 95—45 %.

In dem Golf von Saintes-Maries dagegen, ist der Kalkgehalt des Schlammes sehr gering, weil er nicht von Kalklagern, sondern von Rhonesedimenten umgeben wird.

Obwohl die angeführten Thatsachen der Ansicht Vorschub leisten, dass der Kalkreichthum eines Sedimentes direkt abhängig sei von dem Vorherrschen kalkiger Berge in der Umgebung, so ist doch dieses Verhältniss nur für die der Küste nahen Ablagerungen richtig. Wenn zerriebenes festländisches Kalkpulver die einzige Quelle des Kalkgehaltes im Kontinentalsschlamm wäre, so würde dieser Kalkgehalt vom Ufer nach der Tiefe hin beständig abnehmen müssen. Das ist aber keineswegs der Fall. Vielmehr giebt es noch zwei andere Quellen für die Entstehung einer kalkreichen Facies mitten im kalkarmen Schlamm, die unabhängig sind von der Kalkzufuhr der festländischen Zuflüsse. Einerseits wird am Boden des Meeres im marinen Grundwasser Kalk

1) DELESSE, S. 190, 201, 251, 252.

Walther, Einleitung in die Geologie.

chemisch abgeschieden, andererseits durch Pflanzen und Thiere organisch. Chemische Kalkanreicherung findet leicht statt in wenig bewegten schlammigen Buchten, durch die Entwicklung von kohlenisaurem Ammoniak, das den Gyps des Seewassers als Kalk zu Boden schlägt. Wenn wir¹⁾ im Schlamm des Golfes von Salerno in 40 m Tiefe 14 % kohlenisauren Kalk und 3 % Bittererde finden, so sind wir geneigt, die Quelle dieses Kalkes in den Kalkfelsen der Halbinsel von Sorrent zu sehen; aber im Hafen von Neapel finden wir im Schlamm von 40 m Tiefe ebenfalls 16 % Kalk und 4 % Bittererde, obwohl nirgends Kalkfelsen am Ufer anstehen. Die genaue Untersuchung des marinen Grundwassers lehrt vielmehr in diesem Falle, dass der Kalk aus dem Gypsgehalt des Seewassers chemisch niedergeschlagen wurde.

In²⁾ der Umgebung der Inseln von Ouessant nimmt der Kalkgehalt des Schlammes mit der Tiefe zu, und zwar in ganz unregelmässiger Weise. In etwa 20 m Tiefe beträgt er bei Stiff 6 %, bei Lampaul 15 % und bei Pennaroch 51 %.

Der Kalk oder Gypsgehalt des Seewassers wird durch beständige Diffusionsvorgänge immer wieder ergänzt. Wenn also an irgend einer Stelle des Meeresbodens die Verhältnisse für die Entwicklung von kohlenisaurem Ammoniak günstig, wenn bei ruhigem Wasser beträchtliche Mengen verwesender und faulender organischer Reste im Schlamm vorhanden sind, dann kann unter dem Einfluss zarter unsichtbarer Bakterien eine grosse Menge von Kalk chemisch abgeschieden und dem Kontinentalschlamm beigemischt werden, fern von jedem Kalkfelsen, und fern von der Küste.

Nicht minder unabhängig von dem Kalkgehalt der Küstengesteine ist die organische Abscheidung von Kalk. Die gesellig lebenden Pflanzen und Thiere, die wir als Bildner reiner Kalklager mitten in anderen Sedimenten noch zu schildern haben, sind oft diffus über den Meeresboden vertheilt, und ihre abgestorbenen Reste werden vom Litoral bis zur Tiefsee leicht allen klastischen Sedimenten beigemischt.

Obwohl der Boden der Bretagne aus fast kalkfreien Graniten und Gneisen besteht, so bildet sich doch an ihren Küsten ein Sediment, dessen Kalkgehalt durch organische Beimengungen oft sehr beträchtlich wird. Am Litoral von Belle-Ile ist der organisch abgeschiedene Kalk 70 % des Sedimentes. Bei Palais sinkt er auf 45 %, und bei Port du Bon Port sogar auf 7 %.

Bei Finisterre wechselt der Kalkgehalt ebenfalls auf kurze Entfernung. Bei Quemenez besteht das Sediment aus 80 % Kalkresten, an anderen nahen Lokalitäten sinkt der Kalkgehalt auf wenige Procente. Bei der Isle de Bas steigt er auf 34 %.

Wenn die chemische Kalkabscheidung ein Vorgang ist, der von den Lebensumständen der Bakterien und der Wasserbewegung abhängig war, so erscheint dafür die organische Kalkabscheidung von ganz anderen bionomischen Bedingungen begünstigt, und das Problem

1) J. WALTHER u. P. SCHIRLITZ, Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. 1886, S. 336.

2) DELESSE, S. 254, 195, 203, 206.

der Entstehung einer Kalkfacies mitten im Kontinentalschlamm knüpft sich an eine Reihe scheinbar sehr entfernter Umstände an.

Im ¹⁾ Oestlichen Arktischen Ocean, zwischen Spitzbergen, Beereninsel und Novaja Semlja ist der Boden bedeckt mit einem thierarmen grüngrauen Thon, in dem zahlreiche Foraminiferen der Gattung *Rhabdammina* gefunden werden. Bei der vulkanischen Insel Jan Mayen besteht der Boden aus feinem dunkelgrauen Sand oder sandigem Thon mit vielen vulkanischen Steinchen.

Auf ²⁾ dem seichten Sandboden zwischen Enoshima und der nahen Küste von Japan leben *Pleuronectes*, Garneelen und *Squilla* in grosser Menge, dazu ungeheure Mengen von Algen. An der Südwestseite der Insel fehlen die Algen, doch findet man hier *Strongylocentrotus tuberculatus*, *Astropecten scoparius*, *A. aurantiacus* sowie einige Krabben. Darunter hat *Dorippe sima* die Angewohnheit, eine *Tellin*aschaale als Schild über sich zu halten. Ein *Pagurus* trug regelmässig auf seiner grossen Scheere eine Aktinie, die, wenn der Krebs sich in sein Schneckenhaus zurückzieht, dessen Oeffnung verschliesst.

Auf dem felsigen Grund der Südostküste sitzt *Strongylocentrotus* zu Hunderten, etwas seltener, unter Steinen versteckt *Sphaeræchinus pulcherrimus*. Auf dunklen Felsen leuchtet der orange gelbe *Scytaster* in dem eine parasitische Schnecke *Eulima* schmachtet. Die unter dem Wasserspiegel gelegenen Felsen sind mit *Eschara* und anderen Bryozoen, sowie mit Algen bewachsen.

Indem wir uns jetzt zu den reinen organischen Kalkabsätzen der Flachsee wenden, lassen wir die planktonischen Kalkbildner, die für die Tiefsee eine besondere Rolle spielen, und die Riffkorallen, die in einem besonderen Abschnitt behandelt werden sollen, hier bei Seite und beschränken uns auf die, dem Benthos angehörigen kalkabscheidenden Pflanzen und Thiere, welche gesellig leben und dadurch Kalklager bilden.

9. Phytogene Kalk e bilden sich an den Küsten der Bretagne ³⁾ durch die Nulliporen, welche in seichtem Wasser weit verbreitet sind. Sie enthalten bis zu 15 % kohlensaure Magnesia, und bis zu 95 % kohlensauren Kalk (vergl. S. 108). In der Bretagne sind sie unter dem Namen „maërl“ bekannt und werden vielfach gefischt, um die Felder damit zu düngen.

An der Küste der Côtes du Nord sind mehrere Bänke von „maërl“, die zu 90 % aus Kalk bestehen. Die Nulliporen sind mit Muschelschaalen und Sand gemischt.

Eine weite Verbreitung haben Kalkalgen im Golf von Neapel ⁴⁾. Hier bildet *Lithothamnium cristatum* am Uferrand dicke Kalkkrusten, während in Tiefen von 10—70 m submarine Anhöhen (Secca) grosse Algenlager tragen. Das Schleppnetz kommt aus dieser Tiefe gefüllt mit Knollen von *Lithothamnium racemus* und *L. ramulosum*, zwischen denen ein reiches Thierleben sich findet.

1) SCHMELK, Den Norske Nordhavs Expedition, Chemi, S. 5.

2) DOEDERLEIN, Faunistische Studien in Japan, S. 110.

3) DELESSE, S. 195, 207.

4) BERTHOLD, Mitth. Zool. Station zu Neapel 1882, S. 393.

WALTHER, Zeitschr. d. deutsch. Geol. Gesellsch. 1885, S. 229.

KERNER, Pflanzenleben, I., S. 239.

Das Sediment bei den Cap Verden besteht in 95 m Tiefe zu 40 % aus Kalkalgen. Auf Banda beobachtete man in 31 m viele 6–10 cm grosse Kalkalgen, die 50 % des Sedimentes bildeten.

Die Vertheilung der Algen am Meeresgrund bestimmt wiederum die geographische Verbreitung vieler Thiere, so dass indirekt eine Algen-facies zur Thierfacies wird. Dafür bringt DARWIN ein ausgezeichnetes Beispiel von Südamerika, indem er sagt: In ¹⁾ allen Theilen der Welt beherbergt ein felsiger und theilweise geschützter Meeresboden im flachen Wasser eine grössere Zahl von Organismen als irgend eine andere Oertlichkeit. Besonders reich an Individuen sind die mit *Macrocystis pyrifera* bewachsenen Gebiete. Dieser Riesentang findet sich von Cap Horn bis nach Californien, und wächst von der Ebbegrenze bis in eine Tiefe von 82 m. Die Zahl der Wesen, welche diese gewaltigen Tanggewächse bevölkern ist stannenerregend. Fast alle Blätter, mit Ausnahme derjenigen, welche an der Oberfläche schwimmen, sind dick mit weissen organischen Kalkablagerungen bedeckt. Polypen und Ascidien, Schnecken und Muscheln, zahllose Krebse bewohnen jeden Theil der Pflanze. Schüttelt man die grossen verwickelten Wurzeln, so fällt ein Haufen von kleinen Fischen, Muscheln, Cephalopoden, Krabben, Seeigeln, Seesternen, Holothurien, Planarien und anderen Würmern heraus. Von diesen Thieren leben zahlreiche Fische und ihnen stellen wieder Kormorane, Robben und Delphine nach.

10. Nicht minder häufig sind zoogene Kalklager in der Flachsee. Selbst wenn wir von den Korallenriffen der wärmeren Meere absehen, so finden wir doch bis in den hohen Norden ausgedehnte Thiergenossenschaften, die bei ihrem Absterben Kalksedimente bilden und Kalkkinsen mitten im Kontinentalschlamm erzeugen. Die räuberischen Krebse, Fische, Cephalopoden und Echinodermen, die fleischfressenden Schnecken können zwar an einzelnen Lokalitäten durch reichliche Nahrung in Menge versammelt werden, aber ebenso wenig wie sich die Raubthiere des Festlandes zu Heerdengenossenschaften vereinigen, so finden wir auch die Raubthiere des Meeres nicht ursprünglich gesellig, und damit erklärt es sich, dass diese Thiere nur selten für sich allein als Kalkbildner gefunden werden. Anders freilich ist es mit den kalkabscheidenden Cölenteraten, Bryozoen und Serpuliden, die vom Plankton leben; mit den Muscheln, welche meist von den im Schlamm lebenden Diatomeen ihre Nahrung entnehmen. Sie sind, wie die Wiederkäuer des Landes, geborene Heerdenthier, und wo sich ihnen günstige Bedingungen und reichliches Futter bietet, da siedeln sie sich rasch an, und bilden ausgedehnte Kolonien.

Von Foraminiferen kommt *Amphistegina Lessoni* auf St. Vincent in 12–91 m sedimentbildend vor. Der Sand besteht zu 66 % aus ihren Gehäusen.

Orbitolites complanatus ist am Rothen Meer im Litoral bei Tor, dann auf Tongatabu in 22 m sedimentbildend.

Die Bedeutung von *Globigerina*, *Orbulina*, *Pulvinulina* für die marinen Kalklager wurde schon mehrfach betont.

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 275.

Aus den kälteren Meeren ist nur *Corallium rubrum*¹⁾ als kalkbildende Gattung der Cölenteraten zu nennen. Ihre Bänke finden sich in wechselnder Tiefe im Mittelmeer, besonders an der italienischen, sicilischen und nordafrikanischen Küste. Die Korallenbank von Sciacca liefert nur todte Aeste und scheint bei der Eruption von Isola di Ferdinando durch vulkanische Dämpfe getödtet worden zu sein. Sie besteht aus dicht verkitteten Stöcken von *Corallium*, *Dendrophyllum* und *Caryophyllum* zwischen denen Echinidenstacheln, Muschelreste, Schneckenschaalen und *Megerleca truncata* vorkommen.

Von dem vielgestaltigen Stamm der Würmer sind die Serpuliden²⁾ als Kalkbildner zu nennen.

Grosse³⁾ Strecken der Bermudas sind aus *Serpular*röhren gebildet und längs der Südküste sind zahlreiche $\frac{1}{2}$ —6 m grosse Atolls aus *Serpula*. Dieselben leben nur auf der Aussenseite, während die Lagnne von todtten Röhren umgeben ist. Dieselbe ist $\frac{1}{2}$ —1 m tief, und mit feinem Kalksand bedeckt.

Manche Bryozoen sind gute Kalkbildner. So bildet *Cupularia Oweni* bei Monrovia in 16—18 m Tiefe das Sediment.

Im Golf von Neapel auf der Secca di Benda Palummo bringt das Schleppnetz aus 70—50 m Tiefe grosse Massen von *Eschara foliacea* und *E. cervicornis* herauf. Dieselben sind an einzelnen Punkten alle lebend, während an manchen Stellen *Eschara foliacea* nur in abgestorbenen Aesten zum Vorschein kommt. In Südastralien bilden 5 mm grosse Bryozoenstöckchen, in 60 m Tiefe, die Hauptmasse des Sedimentes.

Von den Schnecken bilden die herbivoren Gattungen grössere Conchilienlager; in ganz seichtem Wasser lebt *Cerithium* in zahllosen Schaaen im Rothen Meere.

Manche räuberische Schnecken⁴⁾ scheiden sogar Schwefelsäure und Salzsäure in ihrem Speichel aus, und zerstören damit die Kalkschale ihrer Beute. So *Dolium galea*, *Cassis sulcosa*, *Cassidaria echinophora*, *Tritonium nodiferum*, *T. hirsutum*, *T. corrugatum*, *P. cutaceum*, *Pleurobranchidium Meckelii*, *Pleurobranchus tuberculatus* *P. testudinarius*, *P. brevifrons*, *Murex*.

Die trägen Muschelthiere, welche meist im schlammigen Sande leben und hier ihre kärgliche Nahrung finden, sind am besten geeignet für die Bildung von Kalkbänken mitten im Schlamm. Ich brauche nur die Austernbänke zu nennen, um ihre Bedeutung in das rechte Licht zu setzen. Die Austern⁵⁾ gedeihen auf Felsen und schlammigem Sand; nur auf beweglichem Sande können sie sich nicht ansiedeln. Ihre Bänke beginnen im Litoral und reichen bis in 70 m Tiefe, mit zunehmender Tiefe werden die Bänke grösser. Sie haben eine sehr unregelmässige Form und oft steile Abhänge. In Allgemeinen liegen sie parallel zu den Strömungen. Einige Jahre genügen, damit sie sich sehr wesentlich verändern. Sie können wachsen, sich verkleinern und

1) LACAZE DUTHIER, Histoire Naturelle du Corail. Paris 1864.

2) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 83.

3) CHALLENGER, Narrative, Bd. I, S. 139.

4) TROSCHEL, Poggend. Annalen 1854, S. 614.

SEMON, Biolog. Centralblatt 1889, S. 86.

5) DELESSE, S. 270, 237.

MOEBIUS, Ueber Austern- und Miesmuschelzucht 1870.

sogar vollständig verschwinden. Sobald sie von Nulliporen bewachsen, von *Mytilus*, *Anomia*, *Murex*, Aktinien besiedelt werden, verkleinert sich die Zahl der lebenden Aустern. Auch durch Stürme werden sie gelegentlich zerstört. Sie leben am besten in einem Wasser von 2—3% Salzgehalt und sterben, wenn der Salzgehalt 3,7% übersteigt oder unter 1,8% sinkt. Infolgedessen sind auch gewöhnlich die Austern der tieferen Bänke grösser, denn das salzarme Wasser schwimmt an den Flussmündungen oben auf.

Bei Furne ist eine Bank von *Venus* 12 km lang, 100 m breit und mehrere Meter dick.

Viel häufiger, als die von einer Muschelart gebildeten Bänke, sind jene Lumachellen, Muschelbänke, Conchilienlager, welche durch die Anhäufung verschiedener Thiere entstehen. Bei ihrer Bildung spielen (vergl. S. 525—526) die Ranbkrebse und Raubfische eine bemerkenswerthe Rolle. Dieselben leben von Muscheln, Schnecken, Krebsen, Echinodermen u. s. w. und zerknacken mit ihren Scheerenfüssen selbst ziemlich kräftige Schaalen, um das darin befindliche Fleisch zu verzehren. Hierbei erzeugen sie einen scharfkantigen Muschelsand, der in wohlgeschichteten Lagern aufgehäuft, isolirte Kalkinseln in Sand oder Schlammregionen bildet, vom Litoral bis in grosse Tiefen.

Die auf S. 362 aufgezählte Molluskenfauna der Neufundlandbänke stammt aus dem Magen der dort gefangenen Fische, und ist ein sprechender Beweis der Bedeutung nektoniseher Fische für die Entstehung lokaler Kalkfacies.

An¹⁾ der Insel Noirmoutier in der Bai von Barbâtre bilden Conchilien die Hälfte des litoralen Sediments; bei Devin sind es noch 36%, weiter nördlich 27% Kalk. Auf der Ostküste der Insel bei Viel findet man nur noch 13%, und bei Sableau nur 7% Muschelreste zwischen dem grobkörnigen Quarzsand mit Feldspath und Glimmer.

Bei Concarneau beobachtet man eine Conchilienbank mit 25% Schaalen von *Trochus*, *Turritella*, *Murex*, *Venus*: der Kalkgehalt steigt bei Trévignon auf 35% und 55% an den Inseln Glenan.

An den Cotes du Nord finden sich Bänke von Nulliporen und Conchilien, untermischt mit Sand, die 90% Kalk erreichen.

An den französischen Mittelmeerküsten sind die Conchilienbänke von sehr unregelmässigem Unriss und sehr wechselnder Vertheilung. Sie finden sich an der Provence meist auf Sandgrund, selten auf Kies oder anstehenden Felsen. Im Golf von Lion aber liegen sie auf schlammigem Sand; kleinere Bänke auch auf Schlamm. Im Allgemeinen leben diese kalkbildenden Thiere in geringeren Tiefen als 200 m, so dass sie an steilen Küsten nahe am Ufer gefunden werden, an Flachküsten in beträchtlicher Entfernung, und oft einen vielfach unterbrochenen Gürtel bilden, der in einem bestimmten Tiefenniveau längs der Küste dahinzieht.

An den atlantischen Küsten von Frankreich sind Muschelbänke ziemlich selten im Golf von Gascogne, sie werden häufiger bei Aunis, an den Küsten der Bretagne, und beim Eingang in den Kanal.

1) DELESSE, S. 197, 205, 207, 296, 307, 313, 357.

Grosse Conchilienlager umsäumen die Inseln an der Küste von Aunis, der Vendée und Bretagne. Bisweilen reichen dieselben von den Inseln bis hinüber nach dem Festland.

Ein solches Muschellager zieht in einer mittleren Tiefe von dem $45\frac{1}{2}$ bis zum $46\frac{1}{2}$ Breitengrad.

Die Muschellager liegen gewöhnlich im Sand, selten in Kies.

Der Aermelkanal ist ausserordentlich reich an Conchilienlagern. Sie besitzen meist einen ziemlich unregelmässigen Umriss, liegen aber doch meist in Zügen parallel der französischen oder englischen Küste. Bisweilen steigen sie auch hinab in die Tiefe des Kanals oder überschreiten denselben sogar. Sie erleiden eine auffallende Unterbrechung an der Seinemündung. Gewöhnlich liegen sie in Sand, bisweilen auf Kies, schlammigem Sand oder anstehendem Felsen.

In der Meerenge von Gibraltar fand sich ein Muschellager bis 900 m tief, und an der Südostküste von Sardinien beobachtete man Muschelsand noch 1000 m tief.

In der Nordsee liegen die Muschelbänke oberhalb 200 m, meist sogar flacher als 100 m.

Sogar im Weissen Meer sind ähnliche Kalklager weit verbreitet, besonders auf Sandgrund.

Eine gewisse Berühmtheit hat das zoogene Kalklager erlangt, das als Pourtales-Plateau an den Küsten von Florida durch v. POURTALES und AGASSIZ¹⁾ studirt worden ist. Dasselbe beginnt mit einer sehr sanften Böschung westlich von Sandkey und streicht nördlich und östlich, bis es im Osten von Sombrero seine Maximalbreite von 35 km erreicht. Dann wird es schmaler und endet zwischen Carysfort Reef und Cap Florida, indem es sich in das Korallenriff fortsetzt. Das Plateau beginnt in 160 m und endet in 540 m Tiefe. Der Boden ist bedeckt mit Bruchstücken von kleinen Korallen, Echinodermen und Mollusken, verkittet durch *Serpula*, und dazwischen liegen Foraminiferen, Kalkalgen und andere Reste. Die Kalkreste sind oft von Kanälen durchzogen, die von bohrenden Algen oder Spongien erzeugt wurden.

Das spezifische Gewicht und die Härte dieser Reste scheint höher zu sein, als die von lebenden Conchilien. Die chemische Beschaffenheit ist ziemlich wechselnd:

	I.	II.	III.
Kohlens. Kalk	36,50	47,11	96,96
Phosphors. Kalk	35,54	13,15	1,20
Kohlensäure	0,49	1,92	2,12
Eisenoxyd	14,77	20,23	—
Kohlens. Magnesia	10,56	12,39	—
Organ. Substanz und H ₂ O	1,46	5,89	—

So viel ich nach den, im Harvard Museum aufbewahrten, Grundproben urtheilen kann, machen viele Stücke vom Pourtales-Plateau den Eindruck hoher diagenetischer Umwandlung. Manche Proben sind klingend hart, braunroth gefärbt, andere zeigen blauliche oder graue Farben. Aber im Allgemeinen unterscheiden sie sich kaum von den entsprechenden subfossilen Kalksteinen, die auf Ramesveram in der

1) Three Cruises of the Blake, I, S. 286.

Palkstrasse verbreitet sind. Die grosse petrographische Aehnlichkeit zweier so entfernt voneinander gebildeter Ablagerungen ist eine auffallende Thatsache.

Die Diagenese der Flachseeablagerungen ist leider nur wenig bekannt. Dass das specifische Gewicht aller organischen Kalkreste kurze Zeit nach dem Tod der Thiere sehr verändert wird, wie wir S. 706 gezeigt haben, spricht jedenfalls dafür, dass die Diagenese sehr bald beginnt. Während und kurz nach der Ablagerung verändert sich besonders der Kalkgehalt der Flach- und Tiefseesedimente. Auf der einen Seite bildet sich, wie wir S. 697 gezeigt haben, im marinen Grundwasser chemisch abgeschiedener Kalk, andererseits werden zartere Kalkreste aufgelöst.

Verschiedene ¹⁾ kalkige Hartgebilde besitzen eine sehr verschiedene Widerstandskraft gegen die lösende Thätigkeit des Seewassers. Die, welche eine poröse Struktur und eine grosse Menge von eiweissartigen Substanzen in ihren Hartgebilden besitzen, verschwinden natürlich rascher als die kompakten Gehäuse, welche eine viel kleinere Fläche der Einwirkung des Seewassers bieten. Das Conchiolin schützt, wie BISCHOFF zuerst gezeigt hat, in hohem Maasse das Kalkgerüst. Jedoch werden alle Arten kalkiger Hartgebilde am Meeresboden allmählig aufgelöst, wenn sie nicht rasch in das gebildete Sediment eingehüllt und von demselben gegen die Lösungskraft des Wassers geschützt werden. Die Untersuchungen des Challenger machen es zweifellos, dass ganze Klassen von Thieren, deren Hartgebilde recht wohl erhaltungsfähig sind, dennoch nicht in den Sedimenten des Meeresgrundes gefunden werden, und dass, obgleich sie in ungeheuren Schaaeren an der Meeresoberfläche oder am Meeresboden leben, dennoch in gewissen Regionen jede Spur von ihnen verschwunden ist. Eine ähnliche Zerstörung organischer Kalkskelette hat unzweifelhaft auch in allen früheren geologischen Perioden stattgefunden.

Auch die Eisensalze der Sedimente werden durch Diagenese rasch verändert. Der ²⁾ Boden des Karischen Meeres besteht in dem südlichen und westlichen Theil aus Thon, in der Gegend von Beli-Ostrow aus Sand, und weiter nach Norden hinauf aus Kies. Schneckenschalen und kleine Steine sind hier oft von Eisenrinden umgeben, welche manganhaltig sind und unregelmässige 10 cm grosse Kuchen bilden. Diese Concretionen kommen nordöstlich vom Dicksonhafen in solcher Masse vor, dass man sie verhütten könnte. Die Bildung von Glaukonit ist ja auch nur ein diagenetischer Vorgang.

Die Ablagerungen der Flachsee zeigen meist horizontale Auflagerungsflächen, nur in den oberen Wasserschichten kommen steilere Böschungswinkel häufig vor, und hier sind auch Denudationsflächen mit jenen eng verbunden. Vorwiegend sind blaugraue oder grünliche Farben, die nur an tropischen Flussmündungen rothbraun werden, oder durch organischen Kalk eine helle bis weisse Farbe erhalten.

Sedimente gröberen Kornes sind auf die bewegte Seichtwasserzone und den Rand des Treibeises beschränkt, sonst überwiegen feinsandige und thonige Ablagerungen.

1) MURRAY & BENARD, Challenger Deep Sea Deposits, S. 277.

2) NORDENSKJOELD, Umseglung Europas und Asiens, I. S. 160.

24. Die Korallenriffe.

Das Gebiet der Flachsee enthält, wie wir soeben gesehen haben, unter allen Breiten, selbst im hohen Norden, ausgedehnte Lager zoogener Kalke, die, inselgleich eingestreut in den Sand oder Schlamm der Kontinentalstufe, eine charakteristische Facies jenes Bezirkes bilden. Ihre reichste üppigste Entfaltung gewinnen diese Flachseekalke aber erst in den wärmeren Meeren, in denen die Rifff Korallen gedeihen. Denn die stockbildenden Cölenteraten bilden überaus mächtige Kalklager, welche als Korallenriffe oft bis nahe an den Meeresspiegel heranwachsen, und die man als die tropische Kalkfacies der Flachsee bezeichnen kann. Bei ihrer grossen Verbreitung und mächtigen Entwicklung erscheint es gerathen, diese Kalkfacies in einem besonderen Abschnitt zu beschreiben.

Die geographische Vertheilung und das bionomische Auftreten der Korallenriffe¹⁾ knüpft sich eng an die geographische Verbreitung der Rifff Korallen an, und ihre Grenzen decken sich vollständig.

Alle Rifff Korallen sind Bewohner der Flachsee, ja sogar des Seichtwassers, und demzufolge kann ein Korallenriff nur im Seichtwasser entstehen. Um so seltsamer ist die Thatsache, dass man die Mehrzahl der Korallenriffe vom Boden des tiefen Wassers,

1) Vergl. auch folgende Abhandlungen: Narrative of the Voyage of the Fly 1845. PYRARD, Journal Geogr. Soc. London, II, S. 84. AGASSIZ, Neues Jahrb. für Min. 1854, S. 223. SEMPER, Zeitschr. für wissensch. Zoologie 1863, S. 563. L. AGASSIZ, Mercantile Marine Magazine 1870, Okt., S. 289, Nov., S. 325. REIN, Jahresber. d. Senckenb. Naturf. Ges. 1869/70, S. 145. WHITNELL, Quat. J. Geol. Soc. 1872, S. 381. ALLMANN, Proc. R. Inst. 1873, VII, S. 58. v. RICHTHOFEN, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874, S. 239. STUDER, Mitth. der Naturf. Ges. Bern 1879. J. MURRAY, Nature 1880, S. 351. REIN, Verh. des deutsch. Geogr. Tages 1881. AGASSIZ, The Tortugas and Florida Reefs 1882. HOFFMANN, Verh. d. Ges. für Erdkunde, Berlin 1882, S. 229. AGASSIZ, Mem. Am. Acad. of Arts and Sc. XI, Cambridge 1883. BOUTILLIER, Les corallaires et leur action géologique Rouen 1883. A. GEICKIE, Nature 1883, S. 107. A. GEICKIE, Journal R. Micr. Soc. 1884, IV, II, S. 40. DANA, Am. Journal 1885, XXX, S. 89 u. 169. MORESBY, Geogr. Journal Vol. V, S. 401. GUPPY, The Solomon Islands 1887. GUPPY, Trans. R. Soc. Edinburgh, XXXII, S. 545. MURRAY, R. Inst. of Great Britain 1888 March. LANGENBECK, Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe 1890. ORTMANN, Zool. Jahrb., VI, S. 631.

oft sogar der Tiefsee aufragen sieht. Zwischen¹⁾ den einzelnen Inseln der Bahamagruppe finden sich folgende Tiefen:

Great Abaco-Nassau	3242 m, 4064 m
Great Bahama-Andros	965 m
Great Bahama-Gr. Abaco	1585 m
Eleuthera-Exuma	1580 m, 1540 m, 1428 m
Eleuthera-Cat	1644 m, 1714 m
Cat-San Salvador	4013 m, 4540 m
Cat-Conception	1355 m, 1545 m
Green Cay-Andros	1472 m
Conception-Gr. Exuma	2138 m
San Salvador-Cat	3769 m

und von den meisten anderen Riffarchipelen werden ähnliche Lotungszahlen angegeben.

Zur Erklärung dieser Thatsache sind drei verschiedene Theorien ausgesprochen worden, die unter Berücksichtigung der Terminologie, die wir in den vorhergehenden Abschnitten aufgestellt haben, folgendermassen lauten:

a. Die Korallenriffe bilden einen relativ dünnen Ueberzug auf submarinen Klippen und Felszügen, deren Spitzen gleichmässig bis in die Seichtwasserzone heraufragten, und auf denen die Riffkorallen sich leicht überall ansiedeln konnten. Gegen diese Ansicht ist von DARWIN geltend gemacht worden, dass die Tausende von Korallenriffen, welche überall aus den Tiefen des Pacifik aufsteigen, nicht durch diese Theorie erklärt werden können, weil es den Thatsachen der Meerestopographie widerspricht, dass solche Schaaren von steilen isolirten Klippen alle bis in das Niveau des Seichtwassers gleichmässig aufragen sollten.

Es ist ausserdem zu bedenken, dass der Boden des Pacifik nur innerhalb der Isokrymen von 20° so uneben ist, dass hier diese Unebenheiten, mit wenigen Ausnahmen vulkanischer Archipele, durch Korallenriffe gebildet werden. Ausserhalb der beiden Wendekreise ist der Boden des Pacifik relativ eben, und seine gleichmässige Tiefe wird nicht von Klippenzügen unterbrochen, die bis in die Flachwasserzone aufragen.

b. Auf dem Boden eines tieferen Meeres bildeten sich lokale Ablagerungen, welche immer mehr aufgehäuft, allmählig bis in die Seichtwasserzone emporwuchsen, und hier von den Riffkorallen besiedelt wurden.

Derartige Auflagerungen können durch mechanische, vulkanische oder organische Sedimente entstehen. Es kann eine Sandbank aufgeschüttet, durch Diagenese verkittet, und von Riffkorallen besiedelt werden. Allein dagegen ist zu bemerken, dass Sandbänke in der Nähe der Flussmündungen zwar leicht entstehen, aber durch die brackische Natur des umgebenden Wassers ungeeignet für Riffbildung sind. Seltener bilden sich Sandbänke fern von Flussmündungen, und wenn diese verkittet würden, wäre ein günstiges Fundament für Riff-

¹⁾ DIEDRICH, Böschungsverh. der Sockel oceanischer Inseln. Diss. Greifswald 1892, S. 27.

korallen gegeben. Aber diese Verhältnisse treffen nur für die küstennahen Gebiete der Kontinentalstufe zu, und treten am Boden der Tiefsee nicht ein.

Häufig sind vulkanische Auflagerungen¹⁾ am Boden des tiefen Wassers. Vulkanische Inseln sind innerhalb der Tropenkreise meist von Korallenriffen umsäumt, und bieten eine ausgezeichnete Grundlage für die Ansiedlung von Korallen.

Wiederum liegt die Schwierigkeit der Erklärung in dem gleichmässigen Niveau der unzähligen Riffe des Pacifik, und der Seltenheit von thätigen Vulkanen zwischen denselben.

Die Aufschüttung eines Vulkanes ist von so seltsamen verwickelten Ursachen abhängig, dass die Gipfelhöhe benachbarter Vulkane ungemein verschieden ist. Neben dem 1290 m hohen Vesuv liegt der 180 m hohe Monte Nuovo, die parasitischen Kratere der Aetna erreichen nie die Höhe des Gipfelkraters — kurzum es ist die Möglichkeit ausgeschlossen, dass eine so grosse Zahl von Vulkanen, wie sie die Koralleninseln des Pacifik voraussetzen, durch Aufschüttung gleich hoch geworden sein können.

Anders ist es mit der Abrasion vulkanischer Archipele. Sofern nicht durch neue Eruptionen das Gleichmass der Gipfelhöhen immer wieder gestört wird, kann durch Abrasion sehr verschieden hoher, erloschener Vulkane ein gleichmässiges Seichtwasserniveau aller Gipfelhöhen erreicht werden. Dann aber ist die Ansiedelung ebenso vieler Korallenriffe eine einfache Folge.

So einwandfrei die zweite Erklärungsweise ist, so treten ihr doch gewichtige Bedenken entgegen, die erstens darin bestehen, dass nach den sonstigen Erscheinungen vulkanischer Eruptionen, ein vollkommenes Erlöschen der Tausende von Vulkanen, die die Theorie im Pacifik voraussetzen müsste, allen anderen Erfahrungen widerspricht. Die Korallenarchipele des Pacifik müssten vollkommen durchzogen sein von Reihen und Gruppen thätiger und halbthätiger Vulkane, wenn man annehmen wollte, dass ihre Grundlage ausschliesslich aus denudirten Vulkankegeln bestände.

Die Auflagerung organischer Sedimente vollzieht sich am Meeresboden überall, und es ist infolge dessen gar nicht so unbegründet anzunehmen, dass durch die Aufschüttung lokaler Kalkablagerungen am Meeresgrunde Untiefen entstehen könnten, welche sich zur Anheftung von Riffkorallen eigneten. In der Flachsee begegnen wir derartigen Ablagerungen überall, dieselben heben sich auch bisweilen über den umgebenden Meeresboden. Die lockeren Kalkfragmente werden durch Diagenese verkittet und bilden ein festes Fundament für jedes Riff, vorausgesetzt, dass sie bis in das Seichtwasserniveau emporwachsen.

Zugegeben, dass das Pourtales-Plateau sich heute noch durch organische Ablagerungen erhöht, dass ähnliche Muschelbänke in allen anderen Meeren ähnliche Wachstumserscheinungen zeigen, so lässt sich auf diesem Wege das Entstehen jeden Korallenriffes innerhalb der Kontinentalstufe erklären, denn nur innerhalb der Flachsee, nur in den obersten 200 m sind solche Muschelbänke häufig. Aber, wie schon

1) Irrthümlicher Weise bezeichnet man dieselben bisweilen als „Hebungen“.

mehrfach erwähnt, steigen die meisten Korallenriffe aus dem Boden der Tiefsee auf. Die feinsandigen Sedimente ihrer Basis gehen allmählig über in den Globigerinenschlick und Pteropodenschlick der Tiefsee. Wenn also die Entstehung der Korallenriffe als Krönung organischer Kalklager angenommen wird, so muss man auch zeigen, dass am Boden der Tiefsee, auf den pelagischen Resten der Globigerinen lokale isolirte Kalkaufschüttungen entstehen. Aber dieser Nachweis ist bisher noch nicht erbracht worden. Die Böschungen des Globigerinenschlickes und ähnlicher abyssaler Ablagerungen sind so eben und so horizontal, dass man inmitten der heutigen Tiefsee nirgends lokale Anhäufungen von steiler Böschung gefunden hat.

Durch organische Ablagerungen kann unseres Erachtens wohl in der Flachsee, aber nicht in der Tiefsee ein Fundament geschaffen werden, dass bis in die Seichtwasserzone hinaufreicht und das die Vertheilung der zahllosen Korallenriffe des Pacifik erklärt.

c. Die dritte Theorie knüpft sich an den Namen von CH. DARWIN und ist, nachdem sie lange Zeit allgemein angenommen war, durch die oben genannten Theorien neuerdings viel befehdet worden.

Das wesentlichste der Darwinschen Theorie ist: Die Mehrzahl der küstenfernen Korallenriffe sind nicht dünne Decken auf einem bis in die Seichtwasserzone ragenden Fundament, sondern ihre Mächtigkeit überschreitet die Tiefe, innerhalb deren Riffkorallen leben können. Solche Korallenriffe, welche mächtiger sind als die Zone innerhalb deren Korallen gedeihen, sind dadurch entstanden, dass sich der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche vergrösserte.

Der Abstand zwischen dem Boden und der Oberfläche des Meeres kann entweder durch tektonische Senkung des Meeresbeckens entstehen, und unseres Erachtens hat DARWIN diese Möglichkeit zu einseitig betont. Aber zweifellos ist es, dass bei jeder Senkung des Meeresbodens alle darauf wachsenden Korallenriffe ebenso viel an Dicke zunehmen können, wie die Senkung an Tiefe gewinnt.

Aber derselbe Effekt wird erreicht durch ein Ansteigen des Meerwassers, das sich am Ufer als eine positive Strandverschiebung erkennen lässt. In dem Maasse, wie das Meeresniveau steigt, können die Korallenriffe nach oben wachsen. Wenn man DARWINS Buch über die Entstehung der Korallenriffe aufmerksam liest, dann wird es dem Leser nicht entgehen, dass darin die obengenannten anderen Theorien für die Entstehung küstennaher Saumriffe keineswegs ausgeschlossen werden. Im Kapitel 3 finden sich zahlreiche Belege dafür „wenn sich in einem tiefen Meer Sedimentbänke um Inseln oder untergetauchte Felsen angehäuft haben, und sie von Riffen umsäumt werden, so kann man sie nur schwer von Kanalriffen oder Atollen unterscheiden“ — „Strandriffe überziehen Grundlagen von Inseln, welche von der Brandung bis zum Meeresspiegel herunter abgenagt worden sind.“

Die Schwierigkeit der Erklärung beginnt erst dann, wenn es sich um Korallenriffe handelt, die über 80 m dick sind (und auf den Hawaischen Inseln hat man die Mächtigkeit der Korallenkalke durch Bohrungen auf 150—250 m bestimmt), oder wenn Korallenriffe fern von allen Vulkanen aus der Tiefsee aufragen (und auch dafür giebt es zahllose Belege). Für dieses Problem gilt die Theorie DARWINS,

und unseres Erachtens behält sie dafür ihre Richtigkeit, wenn wir ihren Sinn zu erfassen suchen und uns nicht zu sehr an Worte stossen, die den modernen Anschauungen nicht mehr entsprechen.

Aber die Rifffkorallen sind nicht nur an das Seichtwasser gebunden, sondern ebenso streng an eine Minimaltemperatur von 20° C., desshalb umgrenzt die entsprechende Isokryme (S. 277) das ganze Gebiet der Rifffkorallen. Der Verlauf der Isokrymen stimmt sehr wenig mit dem Verlauf eines Breitengrades überein, weil die Meeresströmungen die Temperatur des Oberflächenwassers verändern. Dem gesetzmässigen Verlauf (S. 79) der Meeresströmungen entsprechend reichen also die Korallenriffe normaler Weise auf der Westseite eines Oceans weiter polwärts als auf der Ostseite. In der Gegenwart ist sogar die ganze Ostseite der Ozeane riffarm, theilweise sogar rifffrei, während sich die westliche Hälfte der Meere durch unzählige Riffe auszeichnet. Die Bermudas sind unter $32^{\circ} 15'$ N. Br. der entfernteste Punkt im Atlantik; unter 180° W. L. befindet sich in $28^{\circ} 30'$ N. Br. das nördlichste Korallenriff des Pacifik. Auf der Südhalbkugel finden wir an der Westküste von Australien ein kleines Riff (Houtmanns Abrolhos) unter 29° S. Br., alle anderen Riffe finden sich innerhalb der Wendekreise. Im Rothen Meer reichen Riffe bis nach Sues unter 30° N. Br. Obwohl einzelne Korallenkolonien also die Grenzen der Wendekreise überschreiten, so ist doch ihre Verbreitung auf die Tropen beschränkt, und dass Korallenriffe im Polarkreis nie existirt haben können, wurde S. 277 auseinandergesetzt.

Man hat mehrfach die Vermuthung ausgesprochen, dass der Golfstrom, dessen Bedeutung für die Nordgrenze der atlantischen Korallenriffe sehr massgebend ist, früher einen anderen Verlauf gehabt habe, als Mittelamerika noch nicht landfest war; und auch sonst begegnet man nicht selten in geologischen Abhandlungen der Meinung, als ob die Existenz einer Meeresströmung von dem Verlauf der Küstenlinie wesentlich bedingt und beeinflusst sei. So lange man die Meeresströmungen für Diffusionsströme verschieden schweren Wassers hielt, war eine solche Ansicht verständlich. Aber seitdem wir wissen, dass die Richtung der grossen Meeresströmungen eine Folge der constanten Winde ist, seitdem KRUEMMEL (S. 79) nachweisen konnte, dass die Vertheilung der beobachteten Meeresströmungen nur wenig abweicht von dem berechneten Schema der Strömungen, wird jede Schlussfolgerung hinfällig, die auf einer grundsätzlich vom dem Strömungsschema abweichenden Vertheilung der Meeresströmungen beruht. Der Golfstrom floss nach N.W., so lange der Aequator seine jetzige Lage hatte, und eine centralamerikanische Verbindung des Pacifik mit dem Atlantik hatte auf seine Richtung in dieser Hinsicht keinen Einfluss.

Die Rifffkorallen sind stenohalin und fliehen meist das Brackwasser. Einzelne Formen aber können auch salzarmes Wasser vertragen. Im ¹⁾ Carterhafen (Neumeklenburg) entspringen auf dem Meeresboden einige Süsswasserquellen. Dicht neben denselben wuchsen Korallen, die einzigen des Hafens. Dagegen werden im Holzhafen die Korallenriffe durch einen schlammigen Flusslauf zum Absterben gebracht.

1) Gazellenexpedition, I, S. 283.

Innerhalb des Sambesidelta, 80 km von der Küste fand DRUMMOND¹⁾ ein Korallenriff.

Andere Beispiele wurden S. 269 erwähnt.

Die Riffkorallen lieben reines Wasser, daher sind sie am zahlreichsten fern von der Küste im klaren Wasser der Hochsee zu finden. Allerdings giebt es manche Arten, wie *Porites*, welche sich auch in schlammigem, trübem Wasser wohlfühlen. Wahrscheinlich ist trübes Wasser dem pelagischen Plankton, von dem die Korallen leben, und dadurch indirekt auch diesen schädlich. Die Widerstandsfähigkeit von *Porites* erklärt sich vielleicht dadurch, dass diese Gattung besonders viele Xanthellen (S. 6) enthält, deren Assimilationsprodukte den Korallen zu gute kommt.

Man hat mehrfach geglaubt, dass der Kalkgehalt des Seewassers oder der Küstengesteine und Sedimente das Korallenwachsthum befördern. Aber wie DARWIN schon hervorgehoben hat, besteht keine nachweisbare Beziehung zwischen beiden Erscheinungen.

Dagegen scheint die Wasserbewegung das Wachsthum der meisten Korallen zu beschleunigen, und dadurch die Vergrösserung der Riffe zu begünstigen. Die Schirmgestalt der meisten Riffkorallen ist (S. 272) eine Anpassung an die Lebensverhältnisse der bewegten Seichtwasserzone. Die²⁾ centralen Aeste des Stockes sind zuerst entstanden, sie sterben auch zuerst wieder ab. In dem Maasse, als sie absterben, siedeln sich Algen, Florideen, Bryozoen, Hydroidpolypen, Gorgoniden und viele kleine Organismen auf ihnen an. Die Krebschen, welche in grosser Zahl und aus allen Familien zwischen den Aesten der Koralle leben, finden darauf eine willkommene Nahrung; grosse Krebse oder Fische mit kräftigen Zähnen weilen daran und unterstützen den Zerstörungsprozess. Wohl sendet der Stock immer aufs Neue seitliche Aeste aus, aber sein Mark wird zerstört. Was sich lockert oder von den grösseren Thieren abgebrochen wird, das zerkleinert das Heer der kleineren Raubthiere, und allmählig wird aus dem farbenprächtigen Korallenstock ein unscheinbares, algenbewachsenes, tropfsteinartiges Gebilde. Ein *Madreporas*schirm von 1 m Durchmesser wird corrodirt zu einem flachen Kegel von 25 cm Durchmesser und 12 cm Höhe, dem man nicht mehr ansieht, wie schön er einmal gewesen ist.

Von Bedeutung für die Ansiedelung der Riffkorallen ist endlich auch die Beschaffenheit des Untergrundes. Im Allgemeinen bevorzugen die Korallen einen unverschiebbaren festen Untergrund. Die fossilen und wahrscheinlich auch die lebenden Korallenriffe der Sinaihalbinsel sitzen auf Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine und fehlen auf den weichen oder brüchlichen Küstengesteinen der Halbinsel. Wenn weiche Sedimente durch Diagenese oder durch rasenbildende Organismen verhärtet, so können auch sie Riffkorallen zur Unterlage dienen, und innerhalb der Riffkante gedeihen viele Arten, besonders *Stylophora* und ähnliche Formen, die locker im Sande eingefügt sind.

Liegen auf verschiebbarem Schlamm oder Sand einzelne gröbere Steine, grosse Muscheln oder Bimsteinbrocken, so geben diese der Koralle ein festes Fundament. So sind Perlenmuscheln³⁾ im Golf von

2) PETERMANN'S Mitth., Bd. 34, S. 83.

2) J. WALTHER, Abh. d. k. S. Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig 1888, S. 474.

3) THURSTON, Madras Gov. Central Museum 1890, S. 22.

Manaar häufig mit Korallen bewachsen und oft geradezu überzogen mit *Madrepora*, *Pocillopora*, *Astraca*, *Cocloria*, *Hydnophora*, *Galaxia*.

In ¹⁾ der Javasee liegen eine Menge von Bimsteinen mitten im Schlamm, die den Korallen als Ansatzpunkt dienen und oft grosse Kolonien von *Madrepora*, *Porites* und *Montipora* tragen. Indem sich diese Kolonien immer mehr erweitern und durch den Ansatz neuer Stöcke immer grösser werden, entwickeln sich daraus jene unzähligen Riffe mit einem Durchmesser von 20—200 m, die in der Javasee verstreut sind.

Wenngleich diese Inseln sich von der mittleren Meerestiefe aus aufgebaut haben, so sind sie doch im Laufe der Zeiten durch das grosse Gewicht der weiterwachsenden Korallen allmählig in den Schlamm Boden hineingesunken. Auf der Insel Onrust konnte man zeigen, dass der 20 m mächtige Korallenfels 7 m eingesunken war.

Im Allgemeinen sind alle Korallen am Aussenrande des Riffes so fest aufeinander angewachsen, dass es oft schwer ist, mit Brecheisen und Hammer die Stücke loszureissen.

Ueber die Wachsthumsgeschwindigkeit von Korallen beobachteten DANA ²⁾ und AGASSIZ ³⁾, dass eine *Orbicella annularis* um 7 cm, *Manicina areolata* 3 cm und *Isophyllia dipsacea* 8 cm in 7 Jahren gewachsen war. Weitere Beispiele s. S. 273—274.

Am Aufbau eines Korallenriffes theilnehmen sich ausser den abgestorbenen Riffkorallen auch noch andere Sedimente, und bilden oft mehr als die Hälfte der ganzen Ablagerung. Die erste Rolle spielt hierbei der Muschelsand, der von manchen Reisenden geradezu als „Korallensand“ bezeichnet wird, weil er eine charakteristische Facies jedes Korallenriffes ist. Riffkorallen und organogener Kalksand sind die beiden wesentlichen Sedimente eines Korallenriffes.

Der organogene Kalksand findet sich vom Polarmeer bis nach dem Aequator, und während er, wie wir gesehen haben, in den kälteren Meeren als kalkreiche Facies zwischen Mineralsande eingeschaltet, auf dem Querschnitt des Profils eine auskeilende Kalkschicht zwischen Sandstein oder Mergelschichten bilden würde, erheben sich die zoogenen Kalklager des Tropenmeeres über das Niveau des Meeresgrundes und wachsen als Kalkinseln aus dem Ocean heraus. Das Profil eines fossilen Korallenriffes bildet demgemäss eine Kalklinse von oft recht steilen Böschungen, mitten in klastischen Sedimentschichten.

Was bedingt, dass im Tropenmeer der Conchiliensand nicht durch die Wellen über eine weite Fläche ausgebreitet wird, sondern als isolirte Kalklinse emporwächst; mit anderen Worten: was ist das Wesen der Riffbildung? Wir müssen diese Frage beantworten, ehe wir weitergehen. Die ⁴⁾ alten Seefahrer, welche zuerst das Wort Riff anwandten, bezeichneten damit: eine Felsenkette, welche in einiger Entfernung von der Küste eines Landes aus der See herausragt, und worüber die Wellen spülen ⁵⁾. Es ist also nicht etwa ein zoologischer Charakter (das Vorkommen von Korallen), nicht ein petrographisches

1) SLUITER, Naturkundig Tijdschrift voor Nederl. Ind. XL, IX, S. 363.

2) DANA, Corals and Coral Reefs 1890, S. 123, 253, 418.

3) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zoology, XX, 2, 1890, S. 61.

4) J. WALTHER, Petermanns Erg.-Heft No. 102, S. 22.

5) FORSTER, Bemerk. auf einer Reise um die Welt, S. 12, Anmerkung.

Merkmal (der Kalkreichthum), der das Wesen eines Riffes bezeichnet, sondern eine topographische Eigenschaft: Ein Riff ist eine isolierte Felsenklippe, welche sich aus tieferem Wasser bis nahe an die Meeresfläche erhebt. Es besteht bei jedem Riff ein topographischer Gegensatz zwischen seiner inselartigen Form und der ebenen Oberfläche des umgebenden Meeresgrundes.

Indem wir jetzt die Auflagerung auf einem riffreichen Meeresboden betrachten, so erkennen wir, dass im Gegensatz zu den Kalkschichten, die sich ausserhalb der wärmeren Meere auf ebenem Meeresgrunde ablageren, die Sedimente hier gleichzeitig in verschiedenem Niveau abgesetzt werden. Auf der Höhe des Riffes, auf seinen Flanken und auf dem umgebenden flachen Meeresgrunde werden zu gleicher Zeit Ablagerungen gebildet, und diese verschiedenen Sedimente haben, was besonders wichtig ist, einen ganz verschiedenen Charakter, bilden verschiedene Facies. Während auf der Höhe eines Korallenriffes feste Korallenstöcke wachsen, erscheinen die Böschungen mit einem Kalksand bedeckt, der mit zunehmender Tiefe immer feinkörniger wird und endlich übergeht in die kalkarmen klastischen Sedimente der Flachsee, oder die aus pelagischen Resten aufgehäuften Ablagerungen der Tiefsee. Nirgends ist der Facieswechsel so gross, wie in der Umgebung eines Korallenriffes; die sonderbarsten heteropischen Sedimente werden hier gleichzeitig nebeneinander gebildet. Die steile Böschung des Korallenriffes ist aber nicht etwa eine Abrasionsfläche, wie bei einer isolirten vulkanischem Klippe oder einem granitischen Riff in den Schären Skandinaviens, sondern es ist eine Auflagerungsfläche, eine Fläche, die durch das wachsende Riff, durch die Ablagerung des Kalksedimentes gebildet und immer typischer ausgestaltet wird. Wenn wir das Wesen der Riffbildung erklären wollen, dürfen wir daher nicht uns begnügen den specifisch petrographischen Charakter der Riffacies zu erläutern, sondern wir müssen auch die topographischen Charaktere der Riffe ins Auge fassen.

Die Korallenriffe haben in der planimetrischen Kartenprojektion (wenn wir einmal absehen von dem zufälligen Horizontalschnitt, den uns das Meeresniveau darbietet), gewöhnlich die Form unregelmässig umgrenzter Flecken. Das Korallenriff ist eine Thierkolonie festsitzender Organismen, deren seitliche Ausdehnung von der Wachstumsenergie der Korallenfauna und der Zufuhr von Nahrung abhängt. Kein Wunder, dass infolgedessen die Kalkfacies des Riffes einen sehr wandelbaren Umriss besitzt. Leider ist es ungemein schwer, nach den nautischen Karten sich ein richtiges Bild von dem Umriss einer Korallenriffablagern zu machen, weil die Karte nur die obere Kontur der lebenden Korallenkolonie, nicht die äussere Grenze des abgestorbenen Korallenriffgesteins angeben.

Wer einmal selbst auf einem Korallenriffe mit der Seekarte in der Hand herumgerudert oder gewandert ist, wird bestätigen können, dass der nautisch-topographische Umriss der Karte keineswegs den geologischen Umriss der Riffsedimente darstellt. Noch weniger aber besteht eine genaue Uebereinstimmung zwischen der wirklichen Form eines Korallenriffes und der Figur, welche das Meeresniveau als Durchschnitt durch eine Riffmasse bildet. Bekanntlich zeigt dieser Durchschnitt oft die Form eines Ringes, und sehr häufig das Bild eines sogenannten

Atolls d. h. eines ringförmigen Riffes, welches einen centralen See, die sogenannte Lagune, von dem umgebenden Meer ganz oder beinahe abschneidet. Man hat nun nach der Analogie mit einem vulkanischen Krater angenommen, dass die Lagune des Atolls eine grosse Tiefe besitze, und dass daher ein versteinertes Korallenriff ungefähr die Form eines Ringgebirges zeigen müsse. Allein während der Aussenrand der Atolle aus Tiefen von 2000 m emporsteigt, ist ihre Lagune ganz flach. Die ¹⁾ Lagune in Keelings Atoll ist sehr seicht; in den Atollen der Niedrigen Inseln schwankt die Tiefe zwischen 35 und 70 m, in der Marshallgruppe von 50—60 m. auf den Malediven hat man bis 90 m Tiefe gelothet.

Wenn Keelings Atoll versteinerte, so würde man, unter der Voraussetzung, dass die ganze Insel aus Korallengestein bestände, einen über 2000 m mächtigen kompakten Kalkstock sehen, der auf seiner Oberfläche eine etwa 20 m tiefe Einsenkung besitzt.

Die Lagune von Minikoy²⁾ ist bei einer Breite von 7 km nur 16 m tief. Es muss also betont werden, dass die Lagune eines Atolls zwar eine im Projektionsbild des Meeresstrandes auffallende Erscheinung ist, dass sie aber keineswegs zu den massgebenden Reliefformen des Riffes gehört, und an einem fossilen Riff in der Gestalt der Kalkablagerung nicht leicht erkannt werden dürfte.

„Da ³⁾ auf der inneren Seite von Korallencolonien die Wachstumsbedingungen in mehrfacher Beziehung weniger günstig sind, so ist das Wachstum kräftiger auf der Aussenseite; hierdurch wird es verursacht, dass die Riffe meistens in ihren randständigen Theilen höher und vollkommener sind, als in ihren centralen Theilen. Es nehmen daher diese Riffe zuweilen (und dieser Umstand darf nicht übersehen werden) die Erscheinung von Atollen an. Da sie aber auf einem seichten Grund aufgebaut sind, und da ihre centrale Ausbreitung viel weniger tief und ihre Form weniger bestimmt ist, so sieht man leicht, dass diese Aehnlichkeit bloss oberflächlich ist. Wenn daher Korallen von einer einige Faden tief in einem tiefen Meere untergetauchten Bank mit steilen Seiten und ebener Oberfläche emporwachsen, so dürfte sich ein Riff bilden, welches von einem Atoll nicht zu unterscheiden sein würde und nach Darwin existiren einige derartige Riffe in Westindien.“

Nach dieser Ansicht muss aber angenommen werden, dass in jedem einzelnen Fall die Grundlage aus einer ebenen Bank besteht. Denn wäre sie, wie eine Gebirgsmasse, kegelförmig gebildet, so sehen wir keinen Grund, warum die Korallen von den Seiten aus empor wachsen sollten, anstatt von den centralen und höchsten Stellen. Da die Lagunen der Atolle zuweilen selbst mehr als 70 m tief sind, so muss nach dieser Ansicht auch ferner noch angenommen werden, dass die Korallen in einer Tiefe, in welcher sich die Wellen nicht brechen, kräftiger an den Rändern einer Bank als an ihrem zentralen Theile wachsen und das ist eine Annahme ohne Beweise.“

Wir wiederholen also, dass der horizontale Umriss eines Korallenriffes mit Rücksicht auf die Verbreitung der kalkigen Riffacies sehr

1) DARWIN, Korallenriffe, S. 26.

2) BASEVI, Petermanns Mith., Bd. XVIII, S. 295.

3) DARWIN, l. c. S. 57, 89.

unregelmässig ist, und dass selbst das scheinbar so charakteristische Bild eines Atolls keine massgebende Bedeutung für den geologischen Umriss der Riffacies gewinnt.

Betrachten wir jetzt den vertikalen Umriss, die Böschungen der Korallenriffe, so sehen wir dieselben meist als steile Kalkinseln aus grosser Tiefe aufragen. Die Strandriffe in der Flachsee, und besonders die Riffe im Gebiet der Kontinentalstufe haben freilich oft recht flache Böschungen, und erheben sich nur wenig über den umgebenden Meeresboden. Im südlichen Meerbusen von Sues ist die Strasse von Djubal besonders durch ihre zahlreichen Korallenriffe für die Schifffahrt gefährlich. Hier beträgt die grösste Tiefe zwischen Schab Aschrafi und Schab Ali 70 m, und zwar auf eine Horizontalentfernung von 20 km. Die Mehrzahl der anderen Riffe ragen nur 10—30 m über den sandigen Meeresboden empor, und haben mit Ausnahme der obersten Riffkante sehr flache Böschungen.

Nirgends ist es nöthiger, sich immer die richtigen Grössenverhältnisse klar zu machen, wie bei der Beurtheilung einer Korallenriffablagerung; auf den geographischen Karten sehen wir einen zufälligen Durchschnitt durch das Riff dargestellt, während fossile Riffe durch spätere Denudation ihre ursprüngliche Form verloren haben, und sehr schwer in allen ihren Dimensionen zu rekonstruiren sind. Nur wenn wir die Böschungen recenter Riffe genau kennen, sind wir im Stande, die Riffnatur eines Kalkstockes nachzuweisen oder zu widerlegen.

Der¹⁾ Abhang ist an den Riffen des Rothen Meeres bald steil und überhängend, bald senkt er sich allmählig oder terrassenförmig gegen den Grund des Tiefmeeres herab, welcher durchschnittlich 5—8 Klafter unter der Rifffläche liegen mag, so dass der sandige Grund unmittelbar vor der Klippe noch meist für das Auge erreichbar ist, er senkt sich aber fort und fort, und wenige Schritte vor dem Abhang nach einwärts blickt man nur in für das Auge unergründbare blaue Tiefen.

Wo²⁾ das Wasser vollkommen ruhig ist, wie innerhalb einer Lagune, wachsen die Riffe meistens senkrecht auf, hängen zuweilen selbst über ihre Basis über, andererseits ist da, wo das Wasser meistens, wenn auch nicht ausnahmslos ruhig ist, wie an der unter dem Winde liegenden Seite von Mauritius, das Riff sehr sanft geneigt.

Um so steiler ist die Böschung solcher Korallenriffe, die sich aus grösseren Meerestiefen erheben. Zugleich ist es bemerkenswerth, dass der Böschungswinkel in verschiedener Höhe sehr wechselt.

In den folgenden Tabellen (nach DIETRICH³⁾) bedeuten die schräg (cursiv) gedruckten Zahlen die Tiefe in m. Die zwischen zwei solchen cursiven Zahlen etwas höher stehende kleine (Petit) Zahl giebt die Entfernung der beiden Lothungspunkte in km an, während die unten stehende Zahl den berechneten Böschungswinkel darstellt.

1) KLUNZINGER, Bilder aus Oberaegypten 1878, S. 360,

2) DARWIN, I. u. S. 24.

3) Böschungsverh. der Sockel oceanischer Inseln. Diss. Greifswald 1892, S. 41.

Anmerkung. Das Zeichen — über einer Lothungszahl bedeutet, dass der Grund in der angegebenen Tiefe nicht erreicht wurde.

Bermudas.

*1. Hamilton	19,4 21° 50'	Riff	8,9 3566 1° 20'	11,0 3310 2° 27'	36,0 4846	nach West.
*2. Hamilton	4,3 3° 22'	Riff	20,5 1234 3° 8'	5,5 933 3° 55'	8,0 1481 4° 9'	26,7 3420 nach SSW.
*3. Hamilton	2,9 8° 11'	Riff	23,1 3328			nach Süd.
*4. David	15,35 10° 8'	Riff	15,65 2798			nach Nord.
*5.	18,6 4480 4° 10'		14,4 3127 12° 15'	26,2 Riff Irland-Hamilton Riff	21,4 2743 7° 18'	NW. ... SO.
*6. W.	3978 9° 19'		9,2 2469 6° 38'	13,2 933 16° 55'	5,5 2606 3° 11'	13,0 3328 O. Durchschnitt des unterseeischen Rückens süd-w. der Bermudas.

Bahama-Inseln.

*1. 28° 42' N. B. 77° 9' W. L.	nach O.	25,3 1097 0° 6'	23,6 1139 0° 37'	19,7 1393 10° 57'	5203
*2. 28° 1' N. B. 76° 13' W. L.	nach N.	21,5 1137 0° 20'	22,5 1263 3° 20'	19,6 2574 9° 28'	5845
*3. 27° 49' N. B. 76° 12' W. L.	nach O.	30,5 1157 6° 43'	4753		
*4. 27° 37' N. B. 76° 12' W. L.	nach NO.	18,8 1289 0° 19'	21,6 1393 8° 51'	4753	
*5. 26° 37' N. B. 76° 49' W. L.	Gross Abaco nach O.	19,5 1723 9° 53'	5121		
*6. 25° 51' N. B. 77° 9' W. L.	Gross Abaco SO.	12,1 21 14° 54'	11,0 3242 4° 16'	4064	
*7. 25° 33½' N. B. 76° 34½' W. L.	Eleuthera NO.	13,0 26 15° 4'	12,9 3524 5° 57'	4870	

*8. 26° 33' N. B. 78° 24' W. L.	Great Bahama Insel nach S.	33	1,1 12° 32'	14,4 271 2° 45'	965		
*9. 26° 33' N. B. 78° 24' W. L.	Great Bahama n. OSO.	33	6,2 5° 53'	23,1 671 1° 52'	1585		
*10. 24° 52' N. B. 76° 31 1/2' W. L.	Sail Rock zum Exuma-Sund n. SO.	595 7° 37'	6,0 1397 0° 43'	14,7 1580 0° 9'	15,9 1540 4° 52'	261	
*11. 24° 40' N. B. 76° 11' 30" W. L.	Eleuthera Südspitze nach W.	446	3,94 14°	1428			
*12. 24° 40' N. B. 76° 11' 30" W. L.	Eleuthera Südspitze nach SSO.	446	0,9 4° 6'	5,8 512 11° 3'	5,3 1644 0° 45'	1714	
*13. 24° 8 1/2' N. B. 75° 15' W. L.	C at Isl. SO.-Spitze nach O.	40	15,3 14° 33'	16,1 4013 1° 52'	4540		
*14. 24° 8 1/2' N. B. 75° 15' W. L.	Cat Insel nach SO.	40	13,2 5° 41'	11,6 1355 0° 56'	11,7 1545 6° 31'	210	
*15. 24° 6 1/2' N. B. 75° 31' W. L.	Cat Insel nach W.	499	3,1 8° 7'	941			
*16. 24° 2' N. B. 77° 13' W. L.	Green Cay bei Andros Insel nach WSW.			14,3 177 5° 10'	1472		
*17. 23° 49 1/2' N. B. 75° 8 1/2' W. L.	Conception zum Exuma-Sand nach W.	212	3,9 26° 18'	2138			
*18. 23° 35' N. B. 74° 47 1/2' W. L.	Rum Cay nach N.	20,0 272 5° 49'	13,1 2310 0°	13,1 978 5° 49'	18,6 3769 8° 32'	5,3 2076 17° 43'	31,5 4862 4° 59'
*19. 23° 34' N. B. 76° 33' W. L.	nach W.	67	1,7 19° 39'	673			

Tschagos-Archipel.

1. Diego GarciaW.	0,83 23° 42'	$\frac{366}{\cdot}$	
2. Peros Banhos i. Passe de L'Isle Poule.	0,74 1° 42'	0,37 22 13° 21'	0,23 110 8° 44'
			$\frac{238}{\cdot}$

3. Pitt Bank	0,93 7,3 0° 14'	1,4 " 220 8° 30'
4. " "	3,1 27 6° 13'	$\frac{1}{366}$
5. " "	1,6 20 9° 2'	$\frac{1}{274}$
6. " "	0,93 55 5° 37'	2,3 146 4° 5' 40" 311
7. Middle Insel.	3,5 5° 5'	3,7 311 2° 6' 446
8. West-Insel.	4,0 3° 5' 30"	216

Keelings-Inseln.

1. Directions-Is. N.	0,97 24° 21'	1,02 439 14° 5'	695
2. " " NW.	0,3 0,065 0,15 0,056 0,12 0,15 0,26 0,185 13 18 155 267 336 434 503 658 2° 27' 4° 50' 42° 47' 63° 21' 30° 5' 33° 15' 14° 58' 40° 2'		
3. North Keelings- Insel W.	0,116 4° 31'	0,44 9 3° 32'	37
4. Selima SO.	2,4 42° 28'	2196	
5. Ross-Insel W.	0,6 30° 6'	348	
6. Selima O.	1,1 24° 11'	494	

Marianen.

Riff von Saipan Insel.	0,13 6° 32'	0,043 15 4° 52'	0,11 18 4° 45'	0,28 27 5° 30'	0,2 55 10° 52'	93
---------------------------	----------------	-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----

Viti-Arch.

1. Mbengha	0,74	0,74	1,48
	2° 33'	33' Riff	9° 33' 249
2. Vatu-Leile	1,48	3,33	
		6° 3' Riff	353

Tahiti.

*Tahiti	Riff mit	0,46	4,6
	9 m Tiefe	33° 7'	10° 44' 1189

Weihnachts-Insel.

a. nach Osten	27,3	
	9° 31'	4575
b. nach Süden	3,7	
	22° 4'	1500
c. nach SW.	33,4	
	7° 44'	453 ⁸

Durchschnittliche Böschungen an Koralleninseln.

0—300	300—1000	1000—1500	1500—2000	2000—2500	2500—3000	3000—3500	3500—4000	4000—
17° 22'	11° 3'	11° 32'	13° 21'	10° 39'	11° 36'	10° 22'	8° 2'	7°

m

Aus vorstehender Tabelle ist zu entnehmen, dass die Böschungen sehr wechseln, aber meist über 10° betragen, und dass die Maximalböschung 63° steil ist.

Das Profil durch einen riffreichen Meeresboden zeigt uns also auf einem relativ ebenen, mit klastischen oder organischen, dünnen Schichten bedeckten Grunde, hohe Kalkberge mit 10—60° steilen Böschungen. Mag der Kern dieser Kalkstöcke aus einem Granitfelsen, einem Vulkankegel, oder aus Korallenkalk gebildet werden, es ist dies ohne Einfluss auf die rein empirische Thatsache, dass in einem Riffgebiet das Sediment nicht auf weite Flächen in ebenen Schichten aus-

gebreitet wird, sondern dass es in sehr verschiedener Facies und in sehr verschiedenem Niveau, dicht nebeneinander zur Ablagerung gelangt.

Wir müssen also vom geologischen Standpunkt als Charakter eines Riffes betonen, dass Sedimente auf der Oberfläche des Riffes nahe dem Meeresspiegel, und bis zu 3000 m tiefer am Boden des Meeres in verschiedenem Niveau gleichzeitig gebildet werden.

Es ist eine besonders auffallende Thatsache, dass obwohl das Riff in der Seichtwasserzone wächst, in dem Gebiet der Abrasionskräfte keine Denudationsfläche, sondern eine Auflagerungsfläche entsteht. An jeder anderen, noch so harten Felsenklippe nagt die Brandung unaufhörlich — nur das Korallenriff überwindet nicht nur ihre Angriffe, sondern wächst sogar trotz derselben ruhig weiter.

Wir bezeichnen die Korallenstöcke und den Muschelsand als die beiden wesentlichsten Baustoffe eines Korallenriffes. Dass die Korallenstöcke auf der felsigen Höhe eines Riffes festwachsen, gedeihen und den Angriffen der Abrasion Widerstand leisten, geht aus den schon oben mitgetheilten Thatsachen hervor, und mag aus der Vorliebe der Riffkorallen für das bewegte Wasser und einen felsigen Untergrund leicht erklärt werden. Aber warum bleibt der Muschelsand auf der Höhe des Riffes liegen, warum wird er nicht, wie an anderen Stellen in ebenen Schichten über den Meeresboden ausgebreitet, warum wächst er zu einer isolirten Kalkinsel heran? Woge auf Woge schwenmt gewaltige Fluthen schäumend über das Riff hinweg, und doch liegt zwischen den einzelnen Korallenstöcken eine grosse Masse groben und feineren Sandes, den die strömenden Wellen nicht in das umgebende tiefere Meer hinabspülen.

Das Problem erklärt sich sehr einfach dadurch, dass die Mehrzahl der Riffkorallen aus ästigen, vielverzweigten Stöcken bestehen, dass zwischen den Korallenstöcken unzählige kleine und grosse Lücken und Höhlungen sind. Wenn auf einer runden Granitklippe eine Muschelschale liegt, so wird sie rasch von den Wellen herabgespült, wenn auf einem grossen *Cocloriastock* ein Seeigel gestorben ist, so wird sein Kalkgehäuse durch die leiseste Wasserbewegung herabgerollt. Fällt aber eine zerbrochene Schale, ja ein noch so feinkörniger Kalksand zwischen die Aeste einer *Madrepora* oder in die Höhlungen, die sich zwischen den Korallenstöcken mäandrisch dahinwinden, so klemmen sie sich dort fest, häufen sich ungestört auf, und keine Brandung vermag sie aus ihrem sicheren Versteck herauszuholen.

Das ästige Gefüge der Riffkorallen, die spaltenreiche Oberfläche des Riffes ist also die Ursache dafür, dass das Korallenriff aus beträchtlichen Mengen von Kalksand besteht, der unbekümmert um die Angriffe der Brandung selbst im Seichtwasser immer weiter in die Höhe wächst.

Mit der Feststellung dieser Thatsache haben wir aber einen tiefen Einblick in das Wesen der Riffbildung gethan. Wir beobachten Anhäufungen von Kalksand, Muschelsand, Lamachellen unter allen Breiten, in allen Tiefen der Flachsee, und in der Regel wird dieser Detritus durch die beständige Wasserbewegung in relativ ebenen Schichten weit über den Meeresboden verstreut und ausgebreitet. Nur innerhalb der

Isokrymen von 20° C. erfolgt die Auflagerung dieses zoogenen und phytogenen Kalksandcs in der Weise, dass sich ein Kalkstock mit steiler Böschung über den Meeresboden erhebt und bis an die Meeresoberfläche heranwächst. Weshalb wird das Kalksediment nicht hier wie in kälteren Meeren als ebene Schicht, sondern als isolirte steilböschige Kalklinse den klastischen heteropischen Sedimenten eingefügt?

Die Riffkorallen sind es, die mit ihren ästigen Stöcken und ihrer lückenreichen Oberfläche den Kalksand lokal zusammenhalten, ihn hoch anhäufen, und ihn zu einem „Riff“ aufbauen. Das ästige lückenreiche Gefüge der Riffkorallen und der Korallenriffe ist die Ursache der Riffbildung.

Das Wesen der Riffbildung beruht im Sandfangen, im Festhalten des Kalksandcs an steilen Böschungen, im Fixiren des Sandes innerhalb der brandenden Seichtwasserzone. Wie ein Zaun, wie eine Reuse umgeben die ästigen Korallen den Saum des Korallenriffes, sie umziehen den Kalksandhügel, schützen ihn gegen die Angriffe der Wogen und sie bedingen es, dass das Kalksediment nicht horizontal ausgebreitet wird, sondern vertikal in die Höhe wächst.

Aus dem Gesagten folgt aber auch, dass die ästigen Korallen wie *Madrepora*, *Pocillopora* u. A. die besten Riffbildner sind. Häufig wird in geologischen Abhandlungen das Wort Kalkbildung und Riffbildung verwechselt, in der Weise, dass man jedes beliebige kalkabscheidende Thier, jede kalkbildende Pflanze deren Reste grössere Kalkbänke erfüllen, für einen Riffbildner, und die Kalkbank für ein Riff erklärt. Wir müssen dem gegenüber wiederholen, dass das Riff auf dem geologischen Profil eine Kalklinse zwischen anderen Sedimenten bildet, dass es sich im Leben durch seine inselartige Form, durch sein Auftauchen mit steiler Böschung, im fossilen Zustand durch den stockartigen Charakter, durch die lokale Verbreitung, durch den scharfen heteropischen Faciesverband auszeichnet.

Genau wie bei der Bildung des chinesischen Lösses, und vieler ähnlicher Ablagerungen in Europa, der zarte vergängliche Rasen den darauf gefallenen Staub festhält und, dazwischen hindurchwachsend, ein sich immer mehr erhöhendes Lehmager bildet, genau so verhalten sich die ästigen Korallen auf einem Riff zu dem dort gebildeten Kalksand. Das ewig bewegte Meer sucht seine Sedimente auf weite Flächen gleichmässig auszubreiten, die Korallen arbeiten dem entgegen, halten den Kalksand auf begrenztem Raum zusammen und bilden dadurch isolirte Kalkinseln.

Es ist leicht verständlich, dass eine ästige *Madrepora* in der gleichen Zeit eine viel grössere Kalkmenge produziert und das Riffwachstum viel energischer steigert, als eine *Coeloria*. Denn wenn wir annehmen, dass beide Arten in der Zeiteinheit 1 Kubikfuss Kalk organisch ausscheiden, so ist der Zuwachs, der durch eine *Coeloria* dem Riff gebracht wird, 1 Kubikfuss. Dieselbe Kalkmasse ist aber im ästigen *Madreporaskelett* auf einen viel grösseren Raum verteilt; die 1 Kubikfuss Kalkmasse durchzieht mit ihren Ästen etwa einen Raum von 3 Kubikfuss. Das Mehr sind die Räume, welche zwischen den *Madrepora*ästen offenbleiben. Diese 2 Kubikfuss Zwischenräume

1) J. WALTHER, Petermanns Monatshefte No. 102, 1891, S. 28.

werden nun durch den Kalksand ausgefüllt, den andere Kräfte auf dem Riff erzeugen, der dem Riffwachsthum zu gute kommt, obwohl bei seiner Bildung die Riffkorallen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Alle Muscheln, Schnecken, Echinodermen, Crustaceenschalen etc. füllen diese Lücken aus und bewirken es, dass die *Madrepora* in der Zeiteinheit zwar nur 1 Kubikfuss Kalk organisch ausscheidet, aber die Masse des Riffs um 3 Kubikfuss vermehrt.

Eine massige Koralle wächst und vergrössert durch ihr blosses Wachsthum das Riff, eine ästige Koralle vergrössert das Riff ausserdem durch den Sand, den sie zwischen ihren Aesten ansammelt, deshalb ist sie eine viel bessere Riffbildnerin als jene. Sie arbeitet mit Unterstützung der grossen Schaar der kalkbildenden Thiere, während die massigen Korallen nur durch ihre organisch ausgeschiedene Kalkmasse wirken.

Der Unterschied beider Korallenarten kommt besonders deutlich zum Ausdruck, wenn man die Zahlen vergleicht, welche über das Wachsthum verschiedener Korallen gewonnen worden sind, und von DANA ¹⁾ zusammengestellt wurden. Danach beträgt das Wachsthum von

Maeandrina sp. nach Hunt.	6 Zoll in 12 Jahren.
Oculina diffusa	4 " " 14 "
Maeandrina clivosa	$\frac{1}{2}$ " " 14 "

Dagegen zeigen die ästigen Korallen ein ungemein viel stärkeres Wachsthum:

Madrepora cervicornis nach Weinland	3—5 Zoll in 3 Monaten.
Madrepora sp. nach Whipple	3 Zoll in 1 Jahr.

Also im Durchschnitt wächst eine ästige Korallenkolonie als Riffbildnerin mehr als zehnmal so rasch als eine massige Koralle.

Selbst wenn wir unsrer Vergleichung die Maximalgeschwindigkeit des Wachsthum's einer massigen Koralle und die Minimalgeschwindigkeit desjenigen einer ästigen Koralle zu Grunde legen, so erhalten wir für die letztere immer noch eine sechsmal grössere Intensität.

Wir lesen dasselbe bei DANA ²⁾: „Madreporen wachsen zweifellos viel schneller als die massiven Korallen“.

Man kann mit denselben Baumstämmen, mit denen sich nur ein kleines Blockhaus bauen lässt, ein bedeutend grösseres Haus in Fachwerk aufführen; ebenso baut sich ein Riff viel intensiver aus ästigen Korallen auf, denn diese wachsen mit Unterstützung des Kalksand's und vergrössern das Riff in viel rascherem Tempo als die massigen Gattungen, welche es verschmähen, Sand zu fangen, und die nur durch ihren eigenen Körper das Riff zu vergrössern im Stande sind.

Fassen wir jetzt alles zusammen, was wir über die Definition eines Korallenriffs und das Wesen der Riffbildung festgestellt haben so kommen wir zu folgendem Schluss:

Ein Korallenriff ist ein isoliertes, über den Meeresboden sich erhebendes Kalklager, wesentlich gebildet durch ästige Korallen, welche den Kalksand auffangen und verhindern, dass er sich über den Meeresboden gleichmässig ausbreite.

1) DANA, Corals and Coral Islands 1875, S. 97—100.

2) l. c. S. 100.

Der Mangel einer horizontalen Gliederung, d. h. Schichtung, der an fossilen Korallenriffen so oft beschrieben und als ein wichtiges Kennzeichen betont worden ist, hängt mit dieser Bildungsweise eng zusammen. Die vertikal durch den Muschelsand hindurch wachsenden Korallen verhindern es, dass der erstere durch die Bewegung der Wasser schichtenförmig ausgebreitet wird. Sie geben dem Riff ein vertikal gegliedertes Gefüge. Naturgemäss giebt es alle Uebergänge zwischen wohlgeschichteten und ungeschichteten Theilen auf und in einem Korallenriff, aber dieser Charakter wird immer bedingt durch das Ueberwiegen oder Zurücktreten der, einer horizontalen Gliederung des Sediments entgegenarbeitenden, Riffkorallen.

Und es mag hervorgehoben werden, dass auch von diesem Gesichtspunkte aus die oben erwähnte Aehnlichkeit der Riffbildung mit der Lössbildung in beiden Fällen dasselbe Resultat erzeugt. Hier wird durch zarte Gräser, welche Staub fangen und durch denselben hindurchwachsen, eine ungeschichtete festländische Lehmablagerung gebildet, dort am Meeresgrund wird der zoogene Muschelsand durch leicht zerbrechliche Madreporenäste gefangen, und indem dieselben vertikal hindurchwachsen, entsteht ebenfalls eine ungeschichtete Masse von Sediment.

Wer zum ersten Mal auf einem Boot über die farbenprangenden Gärten eines Korallenriffs hinwegrudert, oder wer bei Ebbe in dem metertiefen Wasser umherwandernd die Struktur und das Gefüge eines Riffs näher untersucht, dem fallen besonders jene tiefen Höhlen ins Auge, welche zwischen den kompakten Korallenfelsen gähnen. Von unregelmässigem Umriss, gebildet durch benachbarte Korallenstöcke, durchziehen sie nach allen Seiten das Riff. In diesen Höhlen lebt am prächtigsten entfaltet die Menge der corallophilen Thiere; stachelige Seeigel sitzen in Vertiefungen versteckt, bunte Seesterne klettern an den Wänden empor, Krebse und Fische spüren räuberisch umher, farbenprächtige Gastropoden kriechen zwischen zarten Algenkolonien.

In¹⁾ der eigentlichen Korallenzone des Riffs (bei Kosser) werden die Lücken zwischen den Korallenkolonien, die „Brunnen“, tiefer, schluchtartiger; das Auge kann oft den Grund nicht mehr erreichen, die Ränder sind überhängend. Diese Brunnen kommunizieren vielfach unterirdisch miteinander und mit dem offenen Meere, und dieser Theil der Klippe erweist sich zumeist nur als eine durch Spalten und kraterartige gyrose Löcher gegen die Oberwelt geöffnete Steindecke eines grossartigen Höhlensystems. Die Wogenbewegung des Tiefmeeres setzt sich, wenn auch gebrochen, durch diese Meereshöhlen fort und bewirkt in den Oeffnungen ein in gemessenen Zwischenräumen wiederkehrendes Steigen und Fallen des Wassers, verbunden mit einem furchtbaren cavernösen Gurgeln und Zischen. Schweigt aber der Sturm des grossen Meeres, so ruht auch das Wasser dieser Höhlenbrunnen, und das Auge dringt, vom sichern Standpunkt auf der Klippe aus, durch nichts gehindert, weit hinab in die klare Tiefe.

Im ganzen²⁾ verlangt die riffbildende Koralle viel Licht und vielen Sauerstoff zu ihrem Gedeihen; in der stürmischen Brandung ist

1) KLUNZINGER, Bilder aus Oberägypten. Stuttgart 1878, S. 335.

2) C. KELLER, Reisebilder aus Ostafrika u. Madagascar. Leipzig 1887, S. 61.

ihr eigentliches Wohnelement. In den obern Wasserschichten, d. h. in einer Tiefe von 3—10 m, spielt sich das Leben dieser Geschöpfe ab. Schon in 10—12 m Tiefe sind auffallend viele Korallenstöcke abgestorben. Fast alle Arten sind eigentlich lichthungrig, ihre Thiere bauen fast nur in der Richtung der starken Beleuchtung und lassen einen ausgeprägten Heliotropismus erkennen. Es scheint bisher völlig übersehen worden zu sein, dass hierin die Ursache liegt, warum die Korallenbank von einem ausgedehnten Höhlensystem durchzogen wird und nicht eine kompakte Masse darstellt. Eine Koralle beginnt zu bauen und breitet sich nach oben möglichst aus; eine benachbarte macht es ebenso, und schliesslich erfolgt eine Berührung, während die Basen getrennt sind. Zwei sich erhebende Korallenfelsen verhalten sich ebenso, und schliesslich führt dies zu einer lakunösen Struktur der ganzen Bank. Doch nicht alle Korallen gehen dem Licht nach, einige ziehen den Schatten vor, wie *Fungia Ehrenbergii*, die blattartig ausgebreitete *Hydnophora Ehrenbergii* und die intensiv mennigrote *Mopsea erythraea*, welche immer sehr tief sitzen oder in den Höhlungen der Korallenbank versteckt sind.

Das Innere¹⁾ von Matilda Atoll wird aus Terrassen von Korallengestein gebildet, in dem das Senkblei in Löcher von mehreren Faden Tiefe einsinkt.

Mr. WHIPPLE beobachtete²⁾ in den Fidji-Inseln auf den Korallenriffen von Turks Island Höhlungen von 60—90 m Breite, gebildet durch Korallenpfeiler von 4 m Durchmesser, welche sich oben in eine tafelförmige Masse von 30 m ausbreiten.

Das Wasser in dem Kanal von Cossol³⁾ ist hellblau, obgleich man den Meeresgrund noch nicht erkennen kann; nur mitunter erheben sich aus der Tiefe senkrecht emporsteigende isolierte Felsen bis zu 5—7 m von der Oberfläche des Meeres herauf — zum Beweise, dass Cossol nichts andres ist, als eine unterseeische Fortsetzung der Inselgruppe der Palaus. Wenn man in das Innere des hufeisenförmigen Riffs eindringt, mehren sich diese isolierten Korallenfelsen und verwachsen schliesslich, indem sich der Meeresboden ganz langsam erhebt, mit der innern Seite des eigentlichen Riffs.

Das lebende Riff⁴⁾ zeigt eine sehr unebene Oberfläche und nach allen Richtungen Löcher und Hohlräume; beim toten werden Unebenheiten der Oberfläche durch den darauf geworfenen Detritus mehr geebnet und die Hohlräume und Kanäle ausgefüllt.

Die Entstehung der Höhlen wird leicht verständlich, wenn man sich der Baumaterialien erinnert, aus denen, wie wir in den vorhergehenden Abschnitten kennen gelernt haben, ein Korallenriff gebildet wird. Wir sahen, dass zwei von einander nur indirekt abhängige bionomische Faktoren den Bau eines Korallenriffs ausführen. Auf der einen Seite die ästige oder massige Kalksubstanz, welche durch die Thätigkeit der Riffkorallen organisch ausgeschieden wird, welche den Zusammenhalt, ja wir dürfen sagen, die Existenz des Riffs bedingt.

1) DARWIN, Korallenriffe, S. 30.

2) DANA, Corals and Coral Islands, S. 111.

3) K. SEMPER, Die Palau-Inseln 1873, S. 152.

4) REIN, Bermudas, Verh. d. I. Geogr.-Tages, S. 34, Anmerkung.

Zwischen die, beim Weiterwachsen der Korallenstöcke entstehenden, Lücken wird ein Kalksand gefüllt, welcher durch Krebse und Raubfische, vielleicht auch durch Holothurien aus den Skeletten der kalkbildenden Foraminiferen, Echinodermen, Mollusken, Bryozoen, Brachiopoden etc. zubereitet wird.

Nun ist ja die Existenz und der Individuenreichtum der korallophilen Fauna, welche diesen Kalksand liefert, gebunden an die Existenz der Riffkorallen; allein die speciellen bionomischen Bedingungen, welche auf einem Riff eine grössere Menge solcher Thiere erzeugen, können unabhängig sein von den Bedingungen, welche das Wachsthum der Riffkorallen veranlassen und begünstigen; daher wird es uns nicht schwer, zu verstehen, dass die korallophile Fauna auf einem Riff oder einem Rifftheil reicher ist, als auf einem andern. Infolgedessen wird an der einen Stelle mehr Kalksand gebildet, als an einer andern; dort werden alle beim Weiterwachsen der Korallenstöcke gebildeten Lücken mit Kalksand ausgefüllt, hier bleiben grössere oder kleinere Lücken offen.

Viele Lücken und Höhlungen in lebenden und fossilen Korallenriffen sind nicht nachträgliche Auswaschungen im festen Korallenfelsen, sondern sie sind ursprüngliche Sedimentlücken im wachsenden Riff, welche nicht mit Kalksand ausgefüllt worden sind.

Der Faciesbezirk eines Korallenriffes, dessen allgemeine Bildungsverhältnisse wir soeben beschrieben haben, enthält 9 verschiedene Arten von Sedimenten, die in wechselndem Mengenverhältniss und im wechselnden Verbande heteropisch miteinander vergesellschaftet sind, und die wir jetzt einzeln zu beschreiben haben:

1. Die wesentliche Facies wird durch die Korallen gegeben. Alle Riffkorallen sind Stöcke, sofern man nicht *Fungia* als Einzelkorallen betrachten will. Die Form dieser Korallenstöcke zeigt neben mancherlei unregelmässigen Gestalten, wie Aesten, Säulen, Bechern, Krusten, Blättern, Pilzen, zwei weitverbreitete und von zahlreichen Gattungen angenommener Typen: die Halbkugel und den Schirm.

Als Halbkugeln wachsen die Macandrinen, Astraeiden, *Porites*, *Tubipora* u. s. w.

Nicht immer ist der Umriss halbkugelig, oft handelt es sich um unregelmässige Knollen, Nieren, Klumpen, aber die reinsten Entwicklung findet dieser Typhus in der Halbkugel. Durch ein kräftiges dichtes Cöenchym verbunden, stehen die Korallenpersonen in radialer Anordnung von einem Mittelpunkt ausstrahlend neben einander, und *Porites* erreicht dabei Dimensionen von 3—5 m. An manchen Stöcken der äussersten Seichtwasserzone bemerkt man, dass ihre Oberfläche eine abgestorbene Platte, eine kahle Stelle hat, andere Exemplare sind ringsum mit lebenden Polypen bedeckt. Während die lebenden Oberflächen von Korallenstöcken niemals als Unterlage für die Ansiedelung neuer Stöcke dienen, sind abgestorbene Flächen häufig mit Korallen derselben oder anderer Gattungen bewachsen. Die halbkugeligen Stöcke besitzen meist eine so breite Basis und eine so bedeutende Schwere, dass sie durch ihr eigenes Gewicht selbst auf lockerem Sandboden fest und unverrückt liegen.

Der zweite Korallentypus stellt einen flachen Schirm dar, der auf einer relativ schmalen Basis sich erhebt und dessen Aeste divergirend aneinanderwachsen und oft eine scharf abgeschnittene Oberfläche bilden. *Madrepora* bildet ebene Schirme von $\frac{1}{2}$ m Höhe und 3 m Durchmesser, *Pocillopora* hat meist eine flach gewölbte Oberfläche, und diese Fläche besteht aus dicht nebeneinander stehenden Aesten, jeder besetzt mit Hunderten von Einzelpersonen. Diese schirmförmigen Korallen sitzen meist recht fest auf ihrer Unterlage aufgewachsen, und wo sie überwiegen, wie auf den Riffen des Rothen Meeres, erhält das Riff eine treppenförmige Oberfläche. Aber dadurch entsteht keineswegs eine horizontale Schichtung der Riffmasse.

Wenn man Gelegenheit hat ein, durch eine negative Strandverschiebung trocken gelegtes, korallenreiches Riff zu untersuchen, so fällt dem Beobachter der Mangel jeder horizontalen Gliederung recht auf. Auch die Seltenheit von Madreporenschirmen ist so bemerkenswerth, selbst wenn *Madrepora* in dem nahen lebenden Riff alle anderen Gattungen an Menge überwiegt, dass diese Seltenheit wohl nur die Folge sekundärer Vorgänge sein kann. Und wenn man auf dem lebenden Riffe solche Stellen untersucht, an denen das Riff abstirbt, so bemerkt man leicht, wie sehr hierbei gerade die eleganten Madreporen zerstört und unscheinbar werden. Sie werden zerbrochen, verkleinert, ihrer Aeste beraubt, und werden endlich als relativ kleine Stöcke in das Riffsediment eingebettet.

Dadurch, dass auf dem Korallenriff ein Stock dem anderen zur Grundlage dient, entsteht auf dem Profil ein System vielgewundener und verästelter Korallenpfeiler zwischen denen der Kalksand, dessen Entstehung wir noch zu schildern haben, aufbereitet wird.

Was wir schon S. 202 von der Muschelbank in der Irischen See kennen lernten, das trifft auch für das Fossilwerden eines Korallenriffes zu: die Arten und Gattungen, die auf dem lebenden Riff überwiegen, sind in dem fossilen Riff nicht gerade so vorherrschend. Beim Absterben des Riffes ändert sich das Zahlenverhältniss der einzelnen Formen zu einander, und eine im Leben relativ seltene halbkugelige *Coclora* ist im fossilen Riff ungemein häufig, während die auf dem lebenden Riff vorherrschende *Madrepora corymbosa* beim Absterben des Riffes bis auf undeutliche, unbestimmbare Reste zerstört wird. Daran liegt es auch, dass auf den fossilen Riffen älterer Formationen so viele Geschlechter überwiegen, die recht wenig geeignet zu sein scheinen zum Riffbilden und Sandfangen. Die Lückenhaftigkeit geologischer Ueberlieferung steigert sich in solchen Fällen zu einer scheinbaren Fälschung der palaontologischen Urkunde, und ohne die ontologische Methode, ohne die Korrelation der Lebenserscheinungen ist der urtheilende Geologe den bedenklichsten Irrthümern ausgesetzt.

Die Korallen ertragen zwar eine vorübergehende Trockenlegung bei Ebbe oftmals recht gut. Sie scheiden hierbei, wie MOEBIUS zuerst beobachtet hat, einen Schleim aus, der das Gewebe vor dem Austrocknen schützt. Aber eine dauernde Trockenlegung tödtet die Korallen rasch.

Wenn der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresspiegel unveränderlich ist, so wird das Wachsthum der Korallen bald eine vertikale und seitliche Grenze erreichen. Nach oben können die

Korallen nicht über das Wasser emporwachsen, nach unten ist ihnen in der unteren Grenze der Seichtwasserzone an den Rändern des Riffes eine Schranke gegeben. Sobald aber ein Meereswandel (vergl. S. 182 bis 185) eintritt, bieten sich neue Wachstumsbedingungen.

Bei positivem Meereswandel, der sich an der Küste in einer positiven Strandverschiebung geltend macht, also beim Ansteigen des Wassers oder dem Sinken des Meeresgrundes¹⁾ rückt die untere Wachstumsgrenze der Korallen nach oben, und es müssen dort viele Stöcke absterben. Dagegen kann das Riff von seiner Oberfläche vertikal in die Höhe wachsen, das Dickenwachstum des Riffes kann vorschreiten.

Bei negativem Meereswandel, wenn der Meeresboden steigt, oder das Meerwasser sinkt, muss die Oberfläche des Riffes absterben, und kann fossil werden, während die Wachstumsgrenze an den Rändern und Böschungen des Riffes gleichen Schrittes nach unten rückt, und da die Böschungen des Riffes nur selten senkrecht sind, so wächst das Riff in die Fläche und verbreitert sich beständig.

Nach den in neuerer Zeit geltend gewordenen Ansichten über die aktiven Bewegungen des Meeresspiegels, findet an den meisten Küsten ein Oscilliren des Wasserspiegels bald nach oben, bald nach unten statt. Das Wachstum eines Riffes erfolgt also unter überaus wechselnden Umständen. Jetzt steigt das Meer an und gestattet dem Riffe nach oben in die Dicke zu wachsen, dann sinkt der Meeresspiegel wieder, das Dickenwachstum hört auf, das obere Stück des Riffes stirbt ab und das Flächenwachstum beginnt. Es schichten sich mantelförmige Schaaalen, flach nach unten reichende Zungen von Korallenkalk, um die Böschungen des Kalkstockes, und es entsteht jene Schichtung, die wir als Uebergusschichtung S. 631 beschrieben haben. Nie ruht der Meeresspiegel, beständig oscillirt er auf und nieder, und infolge dessen gewinnt der Bau eines Riffes einen seltsam gemischten Charakter. Im inneren Gefüge der Böschungen erblicken wir vorwiegend die Merkmale eines negativen Meereswandels, auf der Oberseite markirt sich das Dickenwachstum der positiven Periode. Ein fossiles Riff wird äusserlich immer die Zeichen einer negativen Strandverschiebung tragen müssen, obwohl es vorherrschend in Zeiten positiver Strandbewegung gebildet wurde.

Man wundert sich so oft darüber, dass die meisten Korallenriffe die Spuren der „Hebung“, (besser der negativen Strandverschiebung) an sich tragen, und schliesst daraus unbedenklich, dass Riffbildung und Hebung aufs Engste ursächlich zusammenhängen, ohne zu erwägen, dass alle Spuren negativer Strandverschiebung offen zu Tage liegen, während sich das Dickenwachstum des Riffes wesentlich bei positivem Meereswandel vollziehen muss, d. h. zu einer Zeit, wo von dem Riff oberflächlich keine Klippen über das Wasser hinausragen können.

2. Das zweite Riffsediment bildet der organische Kalksand, der sogenannte „Korallensand“ der Reisenden. Derselbe besteht zum grossen Theil aus 1—2 mm grossen Kalkstückchen von weisser, gelblicher oder grauer Farbe, und entstand aus den Hartgebilden mariner

1) DANA, Corals and Coral Islands, S. 215.

J. WALTHER, Abh. d. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1888, S. 506.

Thiere. Wenn wir von den Schalen der meisten Foraminiferen absehen, die schon von Natur eine sehr geringe Grösse besitzen, so mussten die Skelette benthonischer Thiere zerbrochen und zerstört werden, ehe sie Kalksand bilden. Und somit zerfällt unsere Aufgabe in zwei Theile: zuerst haben wir die Thierwelt der Korallenriffe zu schildern, deren Reste sich zur Bildung von Korallensand eignen, dann haben wir zu untersuchen, wodurch aus ihnen der feinkörnige Kalksand entsteht.

Die Fauna der Korallenriffe, die korallophile Thierwelt ist eine der reichsten bionomischen Genossenschaften. Nirgends ist das Meer so reich und so mannichfaltig belebt, wie auf einem Korallenriffe, nirgends ist die Fülle der Thierwelt auch nur annähernd so gross. Die Fischzüge und Planktonbänke der Polarmeere, die belebtesten Meeresregionen der gemässigten Zone treten zurück, gegenüber den tropischen Korallenriffen.

Eine überaus vollkommene Schilderung entwirft KLUNZINGER¹⁾ von den Riffen bei Kosser am Rothen Meere:

Das Riff bildet eine unmittelbar vom Ufer aus in einer Breite von 200—400 m gegen das Meer hin sich ziehende, im Ganzen horizontale Fläche von meilenweiter Längserstreckung, die nur da unterbrochen ist, wo ein Thal vom Gebirge her einmündet, welches Süswasser einst brachte oder zuweilen noch bringt. Im Einzelnen zeigen sich aber manche Niveaudifferenzen: es ist eine leichte Erhöhung der Uferzone meist bemerklich, daher auch diese Uferzone bei Ebbe am frühesten sich leert und bei Fluth am spätesten sich zu füllen pflegt. Zwischen der bei der Ebbe sofort sich entblössenden, mit mehrfachen leicht erhabenen Spitzen und Riffen versehenen Hauptfläche sind grössere und kleinere Vertiefungen eingeschlossen, deren Grund sich mit Sand ausfüllt, und in diesen Gruben wird das Wasser auch bei der Ebbe zurückgehalten. Nur in den flachsten Vertiefungen verinnt und verdunstet es. So erscheint dann das Riff bei der Ebbe wie ein Netzwerk mit Lagunenmaschen, oder, wo die Vertiefungen communiciren oder vorherrschen, wie ein Inselreich. An einzelnen Stellen erheben sich mitten auf der Klippenfläche grosse Steinblöcke, erratischen Blöcken ähnlich. Das Volk hält sie für „versteinerte Schiffe“. Sie sind mit dem Riffboden fest verwachsen, und bestehen aus demselben Riffgestein, wie dieser und wie die Felsen am Ufer. Den Vögeln sind sie ein willkommener Ruheplatz. Andere Blöcke sind lose, nicht mit der Unterlage verwachsen, und sind durch die Gewalt der Wogen irgendwo abgerissen und hergeschleppt. Sonst aber ist das Riff im Allgemeinen eben.

Die äusserste Zone erfreut sich nur wenige Stunden der Erquickung durch das Frischwasser. Das Wasser in den kleinen seichten Sandlagunen wird daher während der Ebbe zur Sommerzeit so heiss, dass man den eingesetzten nackten Fuss sogleich zurückzieht. An einigen Tagen des Jahres ist fast gar keine Fluth zu bemerken. Die Klippe bleibt 1—2 Tage trocken, und zwar in der Regel einmal im Winter und einmal im Sommer. Dann bekommt das nicht vom Meere her erneuerte Wasser in den Tümpeln eine so aussergewöhnliche, im

1) KLUNZINGER, Bilder aus Oberägypten 1878, S. 334 f.

Sommer heisse, im Winter kalte Temperatur, dass die darin weilenden Thiere, besonders Fische, massenweise sterben, ja manche Würmer, die man sonst fast nie findet, kommen in Menge aus ihren tiefen Schlupfwinkeln im Sande an die Oberfläche und sterben dort. In dieser Zone finden sich die Mondschncken (*Nerita*) wohl, von denen Arten auch im Brack- und Süsswasser vorkommen. Eine Art (*Nerita polita*) hat immer eine glatte, polirte Oberfläche, die einer anderen (*Nerita albicilla*), welche sich der Luft und der Sonne mehr aussetzt, sieht meist wie verwittert aus. Die Löcher und Ritzen des porösen Gesteins bieten der Winkerkrabbe (*Gelasimus tetragonon*) einen willkommenen Versteck. Ihre Wohnung ist hier, nicht am Strande. Sie gräbt sich keine Löcher in den Sand, wie von der brasilianischen Art (*Gel. vocans*) erzählt wird, sondern der Sand, der sich während der Fluth über ihrer Felsenwohnung anhäuft, wird sofort nach Abfluss des Wassers in Form kleiner runder Bälle ausgeworfen.

Die erwachsenen Männchen tragen eine zu ihrer Grösse und zu der der anderen Seite ganz unverhältnissmässige Scheere, bei den jüngeren ist sie noch mässig entwickelt. Die Weibchen haben zwei kleine gleiche Scheeren. Die Männchen halten beim Lauf gern die grosse Scheere in die Höhe oder, wie ein parirender Fechter vor sich hin.

Eine ähnliche schlupfende Lebensweise führen die Grossaugkrabben (*Macrophthalmus*) und der auf der ganzen Klippe, besonders aber hier sehr gemeine *Chlorodius Edwardsii*. Letzterer variiert sehr in der Färbung und trägt oft ein Kreuz und andere Anzeichen auf den Rücken gemalt. Kleine schwarze Miessmuscheln (*Mytilus variabilis*) haben sich mit ihrem Bart (Byssus) an dem Korallenfels festgesetzt und umgeben die Tümpel und Spalten wie ein Kranz. Zwischen den leicht klaffenden Schalen sieht man ihren schönen grünen Mantel-saum. Unter den Steinen und in den Pfützen findet sich eine Menge Uferschncken (*Litorina*) und kleinerer und grösserer Nadelschncken (*Cerithium*) zusammen mit *Nerita*.

Auf den getrockneten heissen Riffsrippen kriecht mit den eben genannten eine Purpurschncke, die Stachelnuss (*Purpura hippo-castanum*) herum, und es haben sich Napfschncken (*Patella variegata*) und fingerlange Käferschncken (*Chiton spiniger*) angesaugt, umgeben von kleinen Kothhällchen, die sie gemacht. Ueberrascht lassen sie sich leicht mit einem flachen Instrument abheben, haben sie die Gefahr aber vorher gemerkt, so saugen sie sich so fest an, dass man sie nur unter Ausreissen ihrer Eingeweide absprengen kann oder mit dem darunter liegenden Gestein abmeiseln muss. Die Käferschncken rollen sich nach dem Loslösen, nach Art der Rollasseln, auf. Die genannten beiden Thiere sind nicht ganz festgebannt, sondern können kriechen, freilich nicht viel rascher als die Pflanzen wachsen. Sie haben, den Sonnenstrahlen und anderen Unbilden ausgesetzt, wie die *Nerita albicilla*, meist eine raue, abgenützte Schalenoberfläche.

In den sandigen Tümpeln gewahrt man nach Abfluss des Wassers eine Menge von Hügeln mit einem kraterartigen Loch an der Spitze, aus welchem von Zeit zu Zeit ein Wasserstrahl hervorschießt; feine mit Sand umwickelte Fäden strahlen von allen Seiten des Kraters, selbst zwischen den Seiten des Hügels hervor, und man bemerkt sie

erst, wenn sie zurückgezogen werden. Dann und wann fährt auch ein dicker, fleischiger Faden aus dem Krater hervor. Beim Nachgraben findet man vielfach hin- und hergebogene Röhren, aus Sandstückchen und Muschelfragmenten gefertigt. Das bewohnende Thier, ein Schopfwurm (*Terebella*) zieht sich weit zurück und es ist kaum möglich, seiner habhaft zu werden. Aus einem Loch, vor dem man das Wasser strudeln sieht, wird nach einiger Beobachtung bald eine Krabbe hervorschauen, die ihre Oberfühler schwingt, in einem andern, aus dem ein Wasserstrom ausgetrieben wird, erblickt man die langen Fühler und die Scheeren eines kleinen langschwänzigen Krebses, eines *Alpheus*.

Viele Sandhügelchen sind von einer Menge kleiner Sandwalzen umlagert; es sind die abgebrochenen Stücke einer langen runden Sandsäule, die von Zeit zu Zeit aus einem Loche des Hügelchens hervorgetrieben wird. Dort liegt ein spiralförmig aufgerolltes glattes Sandblatt, das nach dem Trocknen bei der geringsten Erschütterung zerfällt (Laich der Nabelschnecke).

An den feinen Fadenalgen (*Phycoseris reticulata*) der Tümpel sitzt in Unzahl *Cerithien*-, *Patellen*- und anderer Schnecken Brut. Die hellgrünen Ulvenblätter (*Phycoseris lobata*) wimmeln von fast mikroskopischen, lebhaft gefärbten Monokeln (*Cyclops*). Von Fischen jagt während der Ebbe hier meist nur die Jugend von Meergrundeln (*Gobius*) und Meeresspringern (*Salarias*) und der merkwürdige *Cypriodon dispar* herum.

Bei drohender Vertrocknung der Tümpel schlüpfen genannte Fische unter Steine und in die Riffklüfte, oder schnellen sich durchs Trockene in volleren Pfützen. Hier wuchern auch an vielen Buchten dieses Meeres die Dickichte der lorbeerähnlichen Schoragebüsche (*Avicennia officinalis*). Im Ganzen ist aber dieser Theil der Uferzone arm an Formen, und die vorhandenen Geschöpfe ziehen sich in die unergründbaren Spalten des harten Gesteins zurück, welches unter der leichten Sanddecke der Pfützen liegt.

Die Tümpel zwischen dem nackten oder mit einer schwärzlichen und rothen Schleimalge bedeckten Gestein füllen sich jetzt höher mit Sand, und auf diesem Boden sprossen grüne phanerogame Gräser aus der Familie der Laichkräuter oder Najadeen (*Halodule australis*, *Halophila ovata* und *stipulacea*, *Cymodocea ciliata*). Streift man sie ab, so bekommt man die Hand voll einer niedlichen winzigen grasgrünen Mondschncke (*Neritina Rangiana*). Hier weiden kriechend Seehasen (*Aplysia*), Seitenkiemer (*Pleurobranchus*), Blasenschnecken (*Bulla physis* und *ampulla*), die riesige kegelförmige *Dolabella*, allerlei Kreutzschnecken (*Doris*) und andere Nachtschnecken (*Eolis*). Mancherlei Arten von Flügelschnecken (*Strombus*) stossen sich hüpfend weiter; eine der gemeinsten ist *Strombus gibberulus*, weiss mit schön carminrother Mündung, sie findet sich massenweise am Strande ausgeworfen. Die verwandte Fingerschnecke (*Pteroceras bryonia*) wird fast fusslang. Diese *Strombus* können nicht kriechen, sondern nur hüpfen mittelst Aufsetzens und Abschnellens des mit einem gezähnten klauenartigen Deckel besetzen, schmalen, armartigen, sehr vorstreckbaren Fusses. Das Thier kann bei diesem Fortschnellen die Schaafe beliebig drehen, und vor- rück- und seitwärts hüpfen.

Zwischen den Gräsern schwimmen kleine garneelenartige Krebse, wasserklare *Palaeomon*, grüne *Hippolyte* und halb mikroskopische *Mysis* herum. Eine Schamkrabbe (*Calappa*) schleicht auf dem Sandfeld hin und verschleiert sich unter einer leichten Sanddecke, sich seitlich oder rückwärts einschielend. Aehnliche Gewohnheiten haben die Schwimmkrabben (*Lupca*, *Thalamita*, *Portunus*, *Matula*). Sie finden sich namentlich auch in der sandig-schlammigen Hafenbucht nahe dem Ufer und verbergen sich unter Steinen und Schlamm. Gewandt im Laufen, Schwimmen, Graben und Klimmen wissen sie auch dadurch dem Verfolger sich noch zu entziehen, dass sie das Wasser durch Anfwühlen des Schlammes trüben und unter dem Schutz dieser Wasserwolken sich verstecken oder davonschwimmen. Die seltene graugrüne *Lupca tranquebarica* ist eine der grössten Krabben dieses Meeres. — Tief im Sande der Grastümpel stecken, den Bart an das darunter liegende Gestein angesetzt, die zerbrechlichen Steckmuscheln (*Pinna*), von denen eine Art (*P. nigrina*) gegen 60 cm lang wird. In ihnen findet man, freilich unter 30 erst bei einer, den berühmten Pinnenwächter (*Pinnotheres*). Beim Ausräumen der Sandtümpel kommen, ausser allerlei Gewürm, eine Menge Plattmuscheln (*Tellina*) und *Lucina* zu Tage, freilich meist nur die leeren Schalen. Die lebenden finden sich tief unten im kühlen Grunde. Auch lebt hier ausser einer in einer conischen Röhre steckenden, eigenthümlichen Annelide (*Pectinaria*) die seltene Giesskannenmuschel (*Aspergillum*). Ausser den eben und früher genannten, einigen *Venus*muscheln (*Cytherea*), Archenmuscheln (*Arca*) Herzmuscheln (*Cardita*) und ähnlichen findet sich nicht viel von regelmässigen Zweischalern in diesem Meere.

Auf dem zwischen den Tümpeln vorragenden Klippengestein sitzen in grosser Anzahl die schon genannten Napf- und Käferschnecken und all die Ufermollusken. Hier sonnen und lüften sich, den Grastümpeln entstieg, die Birnschnecken (*Pirula*), ansehnliche Nabelschnecken (*Natica*), die spitzthurmformigen Schraubenschnecken (*Terebra*) in zahlreichen Arten und die für eine Schnecke schnellkriechenden Fischreuseschnecken (*Nassa*). Der meisten Spalten und Ritzen haben sich graue, braune und schwarze Schlangensterne (*Ophiocoma erinaceus* und *scolopendrina*) bemächtigt.

Daneben aus engen Löchern sieht der morgensternförmige Eierigel (*Echinometra lucunter*) heraus. Mit freiwillig niedergelegten Stacheln konnte das Thier wohl aus- und einschlüpfen, wie die Schiffe mit niedergelegtem Mastbaum unter einer Brücke durchfahren. Will man es aber mit Gewalt herausziehen, so richtet es seine ziemlich starken Stacheln auf, die Peripherie wird grösser als das Loch, und alle Mühe ist vergeblich. Diese Thiere scheinen sich ihre Löcher auch oft erst selbst im harten Gestein auszugraben.

Wir haben die Uferzone durchschritten und einen äusseren Gürtel gefunden, dem sich nach innen die Unterabtheilung der Seegrastümpel anschloss. Es herrschten hier als Leitarten: *Clibanarius signatus*, *Gelasimus*, *Nerita*, *Litorina*, *Strombus*, *Pirula*. Die zweite Hauptzone beginnt mit einer moosartigen Alge, welche das Gestein überzieht und mit dem Sande, den sie zwischen sich fasst, eine weiche Decke herstellt. Die Tümpel sind tiefer und grösser, mit reinem durchsichtigem, frischem Wasser gefüllt, sie sind brunnenartig geworden.

Charakteristisch ist das Auftreten von *Corallinen* und das erste Erscheinen von Korallen, deren früheste Form die ästigrasige Griffelkoralle (*Stylophora*) ist. Was hier lebt, liebt reines, wenig bewegtes und frisches, nicht zu heisses Wasser. An vielen Orten ist dieser Theil des Riffee etwas höher als die Uferzone und entblösst sich bei jeder Ebbe auf weite Strecken hin fast gänzlich vom Wasser, welches nur in den Brunnen zurückbleibt, während jene wie ein Lagunensee dahinter liegt. Diese Erhöhung rührt wohl daher, dass die am Riff-abhang schon gebrochene Brandungswoge ihre letzten Ausläufer bis hierher schickt, und da ihren Sand ablegt. An anderen Orten liegt diese Zone niedriger und erstreckt sich auch bei der Ebbe grossentheils als See bis nahe an das Ufer heran. Meist bleibt aber auch in diesem Fall hinter der Brandung des Abhangs eine höhere Fläche, welche die Ruhe dieser Zone sichert, und trotz des verschiedenen Aussehens zeigen die Moosalge, die Corallinen (Kalkalgen), die Griffelkoralle und die unten zu erwähnenden Formen sofort, wo man sich befindet. Wir nennen diesen Theil der Klippe Stylophorazone. Sie dürfte der ruhigen Lagunenzone hinter den Riffen der Südsee entsprechen.

Die oben genannten Schlangensterne wuchern jetzt noch üppiger, als vorher, aus allen Spalten hervor; auf den trockenen Riffkanten haben sich überall lebende und abgestorbene Lappenmuscheln (*Chama*) eingemauert; ihre unreine, dem Mutterboden gleichende Schaafe lässt eher einen zufälligen Steinknoten, als ein geformtes Wesen vermuthen. Der *Clibanarius signatus* weicht einer grünescheckten Eremitenkrabbe, die von nun an Leitkrebs wird. Die *Neriten* werden ersetzt von der geperlten Pharaonsschnecke (*Monodonta Pharaonis*), der reizendsten dieses Meeres, und von zierlichen Täubchenschnecken (*Columbella*), Napf- und Käferschnecken; die Stachelnusschnecken sitzen auch hier noch allenthalben herum. In flacheren Vertiefungen schauen die schwellenden Tentakel einer ansehnlichen Seeanemone (*Cercus*) hervor. Mehr sieht man gewöhnlich von dieser nicht, die Scheide ist vom umgebenden Sand zusammengedrückt, eckig und geschweift. Sucht man sie zu ergreifen, so zieht sie sich rasch zurück und man findet sie erst wieder in der Tiefe, nachdem man Sand und Steine von der Seite ringsum ausgehoben hat. In vielen kleineren Wasserlöchern ist eine andere schlanke, der *Edwardsia* ähnliche Aktinie (*Heptaktis*) emporgerichtet und bietet ihre Sternkrone dar, sie zieht sich noch tiefer zurück und ist aus dem engen Loch noch schwieriger herauszuwühlen.

Da heben wir einen Stein aus, der lose in einem Brunnen liegt. Wie der über und über durch und durch von Leben strotzt! An seinen Flächen laufen rasch eine Menge der niedlichsten, in allen Farben und Zeichnungen wechselnden Mundschnellen (*Stomatella*) hin; wir haben sie schon an den Steinen der Grastümpel der vorigen Zone bemerken können. Hier sitzen ferner hochfarbige Kreuznachtschnecken (*Doris*) mit ihrem ästig wogenden Afterkiemen, gelbrothe Seitenkiemer (*Pleurobranchus*), kleine fünfflappige Scheibensterne (*Asteriscus*), Nadel-schnecken (*Cerithium*), Täubchenschnecken (*Columbella*), Thurmschnecken (*Pleurotoma*), ferner sogenannte Uferschnecken (*Eulima*, *Rissoa*), es haben sich kleine Vogelmuscheln (*Avicula*), Taschenmuscheln (*Perna*) und junge Perlenmuscheln (*Melcagrina*), sowie Archenmuscheln (*Arca*)

und Miessmuscheln (*Mytilus*) mit ihrem Byssus festgehängt, und überall sind *Ostrea* an- und aufgewachsen oder aufeinander aufgesetzt.

Und nun das poröse Innere des Steines, den man oft mit der Hand aufbrechen kann! Keine Lücke ist unbenützt. Der ansehnlichste und vorwaltendste Bewohner ist auch hier der mehr genannte Schlangensterne (*Ophiocoma erinaceus*). Zu dieser Art gesellt sich hier nun auch noch eine andere, etwas schlankere, grün gefleckte (*Ophiocoma valenciæ*) und ein sehr kleiner röthlicher Schuppenstern (*Ophiolipsis*). Fingerlange grüne oder braunscheckige Heuschreckenkrebsse (*Gonodactylus gonagra*) kommen zum Vorschein, ziehen sich wieder zurück und machen sich eilends wieder davon, sobald der Verfolger sie beobachtet.

Hier stecken ferner jene kleinen und mittelgrossen Bogenkrabben, an denen das Rothe Meer so reich ist: die *Zozymus*, *Actaea*, *Actæodes*, *Pilodius*, *Actumnus*, *Chlorodius*, *Pilumnus* u. a. Die gemeinsten unter ihnen sind die haarigen *Actaea hirsutissima* und *Actæodes tomentosus*. Regungslose Schwämme, lebhaft gefärbte einfache und zusammengesetzte Seescheiden (Ascidien) und die Zellenkolonien der Moosthiere (Bryozoen) bilden mit Lederalgen und Kalkalgen (Corallinen und Nulliporen) buntfarbige Ueberzüge, Auskleidungen und Aufsätze. Die winzigen muschelartigen oder münzenförmigen Kalkschälchen der zierlichen Wurzelfüßer (Foraminiferen), aus denen auch ein guter Theil des Meersandes besteht, besetzen wie weisse Punkte und Tüpfel die Röhren der Röhrenwürmer (*Serpula*) wie Wellenstribe die Flächen des Steines; die Schlangenwindungen der Gehäuse der Wurmschnecken (*Vermetus*) durchflechten nach allen Richtungen den Stock. In den feinsten Lücken und Gängen des Labyrinths haben sich Anneliden, Sipunculiden und Nemertinen eingebettet, sei es, dass sie sich in vorgefundene Gänge einfach verkrochen, sei es, dass sie sich in das Gestein eingegraben haben.

Manche Würmer, wie *Clymene* und *Terebella*, haben ihre Wohnung noch besonders mit Muschelfragmenten, Sandkörnern, Foraminiferenschälchen umklebt und verlassen sie nie wieder. Andere, die Raubwürmer, benutzen die Löcher bloss als Versteck und ziehen frei zum Raube aus. Ein häufiger ansehnlicher Wurm (*Notopygus*) lässt bei der geringsten Berührung seine seidenartigen Seidenbüschelstacheln fahren. Ein langer runder rosenfarbiger Gliederwurm (*Dasybranchus*) liegt zusammengeknäuelte in dem Gestein und zerstückelt sich fast immer, wenn man ihn zerrt oder auch nur stört, gleich den Schnurwürmern (*Nemertes*).

Die obere Fläche der Brunnensteine ist gemeiniglich mit struppigen Algen überwachsen, und auf diesen bemoosten Häuptionen machen sich neben kleinen Amphipoden abenteuerlich behörnte Spitzkrabben bemerklich (*Menacanthus*, *Pisa*, *Cyclax*, *Huenia* u. dergl.). Der unebene oder behaarte Rücken des Panzers und der Füsse ist bei diesen Formen zu einem Saattfeld wuchernder Algenstengel, Gräser, Ulvenblätter geworden, oder, wenn rein und glatt, richtet er sich nach der Färbung der Pflanzen, in welche diese Krabben sich heruntreiben, und variiert auch bei ein und derselben Art vom Dunkelbraunen bis in's Smaragdgrüne. Aus dem zwischen den Algen eingestreuten Sand taucht, kaum als lebendes Wesen erkennbar, eine graue Krabbe auf, *Micippe*.

Ein gewaltiger Steinblock liegt, durch mächtige Sturmfluthen oder Menschenhand von der Region des Korallenabhangs losgelöst und bis in diese ruhigere Zone gewälzt, auf einer leichten Vertiefung des Riffes, deren Kanten ihm nnnmehr eine feste Lage sichern. Seine Oberfläche, nur von den Wellen des Hochwassers dann und wann bespült, ragt nackt, grau und trocken über die Fläche des Riffes. An dieser Oberfläche lüften sich kleine *Eulima*, *Rissoa* und winzige Eremitenkrebse, und klettert die behende kleine Felsenkrabbe (*Nautilograpsus minutus*) herum. Letztere findet sich in grösster Häufigkeit auf dieser ganzen Zone, wo sie trocken gelegt wird, von Loch zu Loch huschend; sie vertritt hier die grösseren *Grapsus* des Ufers. Untersuchen wir die noch unter Wasser stehenden Klüfte und Höhlen des Blocks, so springen erst einige Fischchen heraus, meist *Salarias*, *Bleennius*, *Gobius*, *Eleotris*, und hüpfen kleine Krebschen hervor (*Palacmon*, *Lysmata*, *Hyppolyte*, *Athanas*). Die Wände der Klüfte sind behängt mit dem haarigen *Tritonium pilearc*, der *Ranella*, der *Haliotis*, kleinen See- gurken *Holothuria*, *Sporadipus* und *Arca*; auch ist hier die Haupt- leze für *Doris*. Austern, Seescheiden und Schwämme bedecken und färben die Wände der Klüfte. Ein Körper nach dem andern lässt sich in's Wasser herabfallen, es sind *Ophiocoma erinaccus*, zu welchen auch schon andere Arten sich gesellen: *Ophiocoma elegans* und *Valenciae*, und ein *Ophiolepis cincta*, ferner der schon genannte *Echinometra* und *Echinus*. Wälzen wir den Block um, so finden wir oft neben vielen der oben genannten Wesen einige gewaltige *Palinurus*. An solchen Steinen versteckt sich auch der braunrothe *Octopus*. Unter dem Felsblock werden wir gewiss auch einige *Cypraca* finden, von der grossen *Cypraca pantherina* bis zu den kleinen *Trivia*-arten. Mit ihnen wetteifern an Mannigfaltigkeit, mitunter auch an Schönheit die *Conus*, welche von Linien- bis Spannennlänge vorkommen. Mit einer starken Schale versehen ertragen diese trägen Thiere die Stösse der Wogen und andere Unbilden. Sie lieben das heisseste Wasser, daher sie sich bei Ebbe wenig verstecken, sondern frei in kleinen flachen Sandvertiefungen fast regungslos liegen.

Schauen wir in einen 2—4 Fuss tiefen Brunen oder Tümpel hinein, so finden wir die gyrösen Ränder desselben mit Algen aller Art bewachsen: mit krustenartig flachen, hohen buschigen, breiig weichen bis knorpelig oder steinern harten, grünen, braunen und röthlichen, moos- und farrenartigen, fruchttragenden oder fruchtelosen. Da und dort sprosst eine bald mehr gelbliche, oder braune, bald röthliche Griffelkoralle (*Stylophora*) hervor, häufig noch klein und schwächlich, je weiter nach innen gegen die Brandung zu aber desto kräftigere und breitere Steinbüsche bildend. Zwischen den Brunnenwänden schimmern wundervoll blaue, grüne und bunt braun gefleckte, bis 1½ Spannen lange Zickzacke und Wellen hervor; sie gehören dem Mantel der grossen, zwischen dem Gestein eingeklemmten, leicht klaffenden Dreispaltmuschel (*Tridacna*) an. Unter den überhängenden Rändern des Brunnens halbersteckt liegen tiefschwarze glänzende Kugeln, von denen spannenlange nadelfeine Lanzen ausstrahlen, und dazwischen leuchten, senkrecht über die Kugelfläche sich hinabziehend, himmellblau schimmernde Linien und Punkte. Oben an einem Pol der Kugel dreht sich eine schwarze Keule mit zinnoberrothem Endsaum herum. Das ist

der Diademseeigel (*Diadema Savignyi*) und die sich drehende Keule sein Mastdarm. Der Boden des Brunnens ist mit kleineren und grösseren losen Steinen, und dazwischen mit Sand gefüllt, und zuweilen treiben auch hier phanerogame Gräser, Algen und Korallen empor. Hier ist der Hauptfundort der Stachelhäuter (Echinodermen). In beglücklicher Ruhe liegt hier frei ausgestreckt eine purpurschwarze *Holothuria vagabunda* von einzelnen oder dichter klebenden Sandkörnern umgeben, in zwei Spannen langen Exemplaren. Eine andere noch grössere *Holothuria* mit grossen gelben Seitenflecken erscheint durch ihre Plasticität monströs, indem sie eine bald wurstförmige bald scheiben- oder leibförmige Gestalt anzunehmen vermag. Alle diese Holothurien sind zum Selbstmord geneigt; sobald sie ihren gewohnten Lebensverhältnissen entrückt werden, stossen sie ihre Eingeweide zum After heraus, zugleich einen widerwärtig ranzigen Geruch verbreitend; andere stossen nur ihre Epidermis ab und gehen dann ebenfalls rasch ihrer Auflösung entgegen. Die schwarzen Arten der Holothurien in ihrer trügen Starrheit verwechselt man leicht mit der hier vorkommenden *Euspongia officinalis*, die alle möglichen Gestalten hat. *Synapta* liegt, bald schlauchförmig vom Wasser aufgebläht da, bald schnürt sie sich von Strecke zu Strecke ein, wie der Dickdarm des Menschen, und kann je nach der Contractur ihre Gestalt von einem anrunden weiten Schlauch zu einem dünnen Faden wechseln; ihre Oberfläche klebt unangenehm mittelst kleiner Kalkkankerehen am ergreifenden Finger; auch kann sie sich mit Sand und Schmutz überziehen. In ihrer Gesellschaft finden sich noch allerlei Haut-Stachelstrahler, theils freiliegend, theils in Spalten oder unter Steinen, so *Astropecten*, *Cidaris*, *Clypeaster*, *Acrocladia mamillata*, der oft abenteuerlich durch Verkümmern einzelner Arme verunstaltete *Ophidiaster Ehrenbergi*, der prächtig scharlachrothe, wie ein Ordensstern aussehende *Sciaster*. Es erscheinen in den Brunnen auch mehrere der schön gefärbten Korallfische aus der Familie der kammeschuppigen Lippfische (Labroidei ctenoidi oder Pomacentriden), besonders junge, schwarz und gelb gebänderte oder graue *Glyphisodon*, und der kleine Goldkolibri unter den Fischen *Glyphisodon anterius* mit schimmernd blauem oder grünem Rückenstreif. Kaum zollgrosse silbrige Fischchen (*Myxus*) treiben sich immer nur an der Oberfläche des Wassers der Brunnen herum und glitzern um die Wette mit den von der Sonne beschienenen Kräuselungen des Wassers.

Die Räume zwischen den Aesten und Zweigen der Griffelkoralle (*Stylophora*) haben sich Meeresgeschöpfe aller Art, besonders aber kleine Krebse und Krabben zum Wohnsitz auserwählt. Ausser vielen der Arten, die wir an den Brunnensteinen sitzen sahen (*Gonodactylus*, *Alpheus*, *Actaea*, *Zoëmus*, *Chlorodius*, ferner *Columbella*, *Cerithium*, kleinen *Conus*, *Ascidium*, Schwämmen), lebt hier eine eigenthümliche charakteristische Fauna, die man sonst nirgends wieder findet; sie besteht hauptsächlich aus gewissen Arten der kleinen *Trapezia*, die sich mit ihren Krallen an den rauen Aesten sehr festzuhalten wissen oder so geschickt daran herumkletten, dass man ihrer nur durch Zerschlagen der Koralle habhaft werden kann. Träge, aber noch fester sich anklammernd, sitzt die Krabbe *Cymo* da. Selten wird man die kleinen Langschwanz-Krebse *Harpilius*, *Palaemon*, *Athanas*, fantastisch geputzte *Hippolyte* und namentlich einen hochrothen *Alpheus* vermissen

Eine kleine *Purpura madreporarum* hat sich eine Schwiele gemacht und sitzt darauf fest ausgesaugt. Die vielgenannten Schlangensterne (*Ophiocoma erinaceus* und *scolopendrina*) sind hier auffallend selten, statt ihrer haben sich hier der schwarze und gelbe *Ophiocoma elegans* und der grüne *Ophiocoma valenciæ* eingewickelt. Hebt man einen solchen Busch rasch auf und lässt die spröde Masse aufs Trockene fallen und zerschellen, so enthüpfen eine Menge kleiner Fischehen, wie *Elotris* und *Gobiosoma*, und der für diese Büsche besonders charakteristische *Gobius cchinoccephalus*. Beim Zerschlagen der Korallenäste zeigt sich in der kalkigen Centralmasse sehr vieler, ja der meisten eine platte Höhlung, welche eine *Lithodomus* so ausfüllt, dass diese nur einen ganz geringen Spielraum hat. Nur eine verhältnissmässig kleine Oeffnung führt von aussen hinein.

Wir treten in einen Bezirk, der sich zur Stylophorazone verhält wie die Seegrasszone zur Uferzone, d. h. es ist ein Uebergangsbereich. Das äussere Aussehen ist wesentlich noch dasselbe, nur ist diese Gegend fast immer vom Meere bedeckt und nur bei den starken Ebben des Nachsommers gangbar. Das Wasser ist bewegter, und wird zur frischen Quelle eines regen Korallenlebens, die Wellen der Brandung stossen noch an, aber ihre Kraft ist bereits am Klippenrand gebrochen. Die Griffelkoralle ist noch immer vorherrschend und gedeiht noch besser, als weiter aussen. Die andern Korallformen bilden meist Ueberzüge, Kugeln und Knollen, welche friesartig den Rand der immer tiefer werdenden Brunnen schmücken, deren Boden aufstreben, und auch der oberen Rifffläche hin und wieder entsprossen. Hierher gehören *Heliastrea*, *Solenastrea*, *Leptastrea*, *Porites*, *Favia*, *Macandrinæ*, manche *Millepora*, *Tubipora*. Die übrige Fauna dieses Bezirkes charakterisirt sich in Vermischung der Fauna der vorigen mit der folgenden Brandungszone.

Der Boden ist zum Theil in eine schlüpfrige Algensteppe verwandelt, und zwischen dem üppigen Pflanzenwuchs bedrohen allenthalben im Gestein eingewachsene Röhren des *Vermetus* den ausgleitenden nackten Fuss. Die Brunnen sind tiefer, schluchtartig geworden, das Auge kann oft den Grund nicht mehr erreichen, die Ränder sind überhängend. Diese Brunnen communiciren vielfach unterirdisch mit einander und mit dem offenen Meere, und dieser Theil der Klippe erweist sich zumeist nur als eine durch Spalten und kraterartige gyrose Löcher gegen die Oberwelt geöffnete Steindecke eines grossartigen Höhlensystems. Die Wogenbewegung des Tiefmeeres setzt sich, wenn auch gebrochen, durch diese Meereshöhlen fort, und bewirkt in den Oeffnungen ein in gemessenen Zwischenräumen wiederkehrendes Steigen und Fallen des Wassers, verbunden mit einem furchtbaren cavernösen Gurgeln und Zischen. Auf dem gangbaren Theil der Brandungszone ist die Kronenkoralle (*Madrepora*) die vorherrschende Koralle geworden, ohne indess die Griffelkoralle ganz verdrängt zu haben.

Der Schlangensterne *Ophiocoma erinaceus* ist jetzt gänzlich verschwunden. Statt seiner finden sich im Gestein eingewickelt der schon genannte *Ophiocoma valenciæ* und andere Schlangensternegeschlechter, wie *Ophiothrix*, *Ophionyx*. Der grüngeseheckte Eremitenkrebs wird auch noch angetroffen, wie aber der *Clibanarius signatus*. Dagegen sind jetzt verschiedene Miniaturarten dieses Pagurengeschlechtes

häufig. Eine riesige Art *Pagurus tinctor* findet sich öfters in grossen Schneckengehäusen, wie in *Dolium* und *Tritonium*; aussen auf diesen Gehäusen sitzt fast regelmässig eine *Adamsia* in zuweilen grosser Zahl, und die Zwischenräume derselben sind dann nicht selten von *Capulus* besetzt, so dass sich eine Kolonie verschiedenartiger Wesen gebildet hat. In leichten Vertiefungen und Spalten liegen kleine und grosse Arten der *Conus* *Ricinula*, *Fasciolaria*, *Turbinella*, *Turbo* und *Trochus*, alles Dickschaler, welche ohne Versteck der Brandung trotzen. Sehr häufig ist hier im Freien eine schöne blaue grosse Bogenkrabbe *Zoerymus acneus*, die sich von der Brandungswoge bespülen lässt. Höhere Felsen, die beim Niedergang der Brandungswelle periodisch an die Luft kommen, sind von einer Unzahl von *Balanus* bedeckt. Unter der Algendecke verbergen sich *Cyclax*, *Stenocinops*, *Pseudomicippe*. Ueber Gesteinsritzen dehnen sich riesige Seeanemonen aus, wie *Discosoma giganteum*, und der gesellige *Thalassianthus aster*; sie können nur mit Mühe aus dem Gestein herausgebracht werden.

Die Hauptlese ist auch hier unter Steinen und zwischen den Aesten der Korallen. Freiliegende Steine, die man bloss umzudrehen brauchte, um sie abzulesen, giebt es hier freilich nicht; die Macht der Wogen schleudert solche bald zurück landeinwärts gegen die Stylophorazone oder versenkt sie in die Tiefe der Schluchten. Es liegen zwar eine Menge Steinblöcke, neben aufspriessenden belebten Korallenmassen, wild durch- und übereinander, aber alle sind an den Grund und aneinander angebacken. Die Zusammenbackung ist oft nur erst eine lockere; zwischen Grund und Block bleiben Poren und Lücken, und diese sind es, welche eine Menge von lebenden Wesen versteckt halten, deren zarter Körper die offene Brandung nicht auszuhalten im Stande wäre. Hier ist die Heimath einer Menge von kleinen Rundkrabben und zwar meist anderer Arten und Geschlechter, als die, welche die vorigen Zonen bewohnen. Neue schillernde Anneliden und Garnelengeschlechter kommen zum Vorschein. Zuweilen öffnet man durch Ablösen der Blöcke eine enge Schlucht, dicht beschlagen und bewachsen von Krusten, von Moosthieren, (Bryozoen), von moosartigen Quallenpolypenstämmen (Sertularien), kleinen Polypenkolonien kalkiger (*Coenopsammia Cilicia*) und lederartiger Consistenz (*Zoanthus*, *Palythoa*) einer kleinen rothen Gorgonie (*Mopsea erythraea*) und gesellig lebenden kleinen Actinien, von Schwämmen, Seescheiden. Ferner haben sich hier *Ostrea*, *Arca*, *Spondylus* angesetzt, und *Comatula* geflüchtet.

Die Fauna, die sich in der Griffelkoralle birgt, hat sich wenig verändert, mit ihr kommt die der dickbuschigen Bechersternkoralle (*Pocillopora*) überein. Aehnlich, aber eigenthümlich ist die der Schwammkoralle (*Madrepora*): statt der Trapezkrabbe findet sich hier die ähnliche Gattung *Tetralia*, auch die Garnelenkrebse treten in andern, aber verwandten Gattungen auf. Zwischen den Aesten der weichen *Xenia* wird selten eine kleine *Camptonyx* vermisst. Die Massivkorallen sind wenig zum Verstecken geeignet, nichts destoweniger haben sich mancherlei Geschöpfe von meist abweichenden Formen in ihrem Innern eingenistet. Hierher gehört *Magilus*, die sich besonders *Leptastraca* und *Cocloria* zum Aufenthalt gewählt hat und mit diesen sich schon in dem Uebergangsbezirk findet. Der junge

Magilus liegt, eine grau kupplige Schneckenschale, wenig tief unter der Oberfläche der Korallenkolonie locker in einer glatten, kuppligen Aushöhlung, wie die Dattelnuschel in der Griffelkoralle, und diese Höhlung communicirt mit der Oberfläche, wo die Korallensterne sich öffnen, mittelst eines kleinen Loches oder engen Kanals. Die älteren, wie man sie besonders in Mäanderkorallen sieht, liegen tiefer und senden von ihrer Schale aus eine dicke, mehrfach im dichten Innengewebe der Koralle hin und her gebogene Röhre bis zur Oberfläche hin.

Ein anderer Korallinwohner ist ein Krebs, Namens *Cryptochirus*. Er steckt in einer kurzen, senkrecht von der Oberfläche der Koralle eindringenden cylindrischen von ihm gemachten Röhre, wie *Vermetus*.

Seiner Wohnung ähnlich ist die eines *Serpula*, die sich aber viel tiefer in das Gestein hinein erstreckt und in buschigen und massiven Korallen sich befindet. Ein *Pyrgoma* hat sich mit dem röhrigen Theil seiner Schale in *Goniastraca* eingebettet, der strahlige Obertheil bildet elliptische Warzen, die den Sternen der Koralle sehr ähnlich sehen.

Durch Mannigfaltigkeit der Arten und Formen, die Zahl der einzelnen Kolonien, zeichnet sich in diesem Bezirk vor allem die grosse Gattung der *Madrepora* aus. Die Stücke oder Kolonien sind bald rasenförmig, wie ein Grasbüschel, indem wenige verästelte verhältnissmässig niedere Stämme, von einer flachen Grundlage auf und zum Theil auswärtsstrahlen, oder blatt-, netz- und rasenförmig mit gerundeter oder gyröser Peripherie, indem sich die Aeste und Zweige zu einer vielfach durchbrochenen Fläche vereinen, und endlich höher aufstrebend, busch- und baumartig gestaltet. Von diesen drei Grundformen findet sich die erste vorzugsweise auf der Höhe des Riffes, die Arten der zweiten breiten sich oft auf weite Strecken hin auf dem Abfall aus und bilden tafelfartige Vorsprünge und Terrassen, die dritte Form gehört hauptsächlich der Tiefe an. Manche solcher *Madreporen*bäume erreichen eine Höhe von 1 m, einige bilden Büsche, die in grosser Anzahl bei einander sitzen und im Meeresgrund vor dem Korallenabhang oft wie ausgedehnte Wälder oder Steppen erscheinen. In ähnlicher Weise, wie die letzteren, treten die distelartigen Gesträncher der *Seriatopora* mit ihren zarten vielfach durcheinander geschlungenen Stengeln auf.

Die Quader des Klippengebäudes liefern die Massenformen, vor allem die zu ungeheueren bläulichen, braunen oder schwarzen Kugeln, Knollen und Säulen geballten *Porites*, die in gerundeten Wellen die Klippen-Vorsprünge besäumenden *Leptoria*, *Cocloria*. Felsbildend ist ferner die grosse Zunft der *Asträen*, welche convexe Ausbreitungen oder auch Kugeln und Knollen bilden. Von den grossen *Acanthastraca* und *Prionastraca*, bis zu den zierlichen *Goniastraca* und eigentlichen *Astraca*. Die flachen Krusten *Montipora* schimmern in lichten, gelben und violetten Farben. Die *Echinopora* breitet sich als halbfreie Kruste oder als mehrfach gewundene braune oder gelbe Tafel mit sehr rauher Oberfläche aus, worauf stellenweise die Substanz sich zu Warzen und Säulen erhebt. Ebenso und bankweise tritt die solide *Hydnophora* auf. *Millepora* steigt bald in Form aufrechter, dicker, oben abgestutzter Tafeln und Wände empor, oder sie zieht sich in allerlei Gestalten incrustirend über Wurmrohren, Muschelschalen

u. dgl. herüber, oder sie formt sich, freiliegend, zu vielknotigen Knollen. Einige endlich erheben sich in dünnen, netzförmigen Platten, die leicht zerspringen und oben in noch zerbrechlichere zarte Endästchen auslaufen. Eine der schönsten und ihrer meist pfirsichrothen Farbe wegen sofort auffallende Koralle ist *Pocillopora*, welche mehr an dem oberen Theil des Abhangs meist einzeln in Rasen, doch auch bankweise sprosst. Ausserdem giebt es noch eine Menge Korallformen, die aber ihrer Kleinheit oder Spärlichkeit wegen für die Klippenbildung einen untergeordneten Werth haben, so die Bäumchen der *Cocnopsammia*, die nur in der frühesten Jugend angewachsenen, später frei am Boden liegenden *Fungia*, welche bald einen flachen runden Leib bilden (*Fungia patella*), bald sich zu einer langgestreckten Ellipse mit einer Längsfurche verziehen (*Fungia Ehrenbergii*, *Herpetholitha*). Der Anblick der rosig strahlenden *Galaxea* wird dem Finder immer Freude und Ueberraschung bereiten. In grosser Tiefe wächst *Antipathes*, eine sechsstrahlige Rindenkoralle. Während die Klippe bis an den Rand des Absturzes in der Zone der Brandung so dicht mit Algen bewachsen ist, scheinen die Vegetabilien gegen die Tiefe zu aufzuhören. Statt ihrer wuchern oft in grosser Ausdehnung, die nur unvollkommen verkalkten Lederkorallen oder *Alcyonien*. Soweit KLUNZINGER.

Wenn man aber glaubte, dass die reiche korallophile Fauna der lebenden Riffe, auch in den Ablagerungen eines fossilen Riffes zu finden sei, so irrt man gewaltig. Wir wollen einmal ganz absehen von den Veränderungen die das Riffgestein durch nachträgliche Diagenese erleidet, Veränderungen, die oftmals alle organischen Spuren vollkommen vernichten. Schon bei dem blossen Absterben eines Riffes beobachten wir nicht nur ein Unkenntlichwerden vieler Korallen, sondern nicht minder eine Zerstörung der korallophilen Fauna. Der weisse grobkörnige Kalksand besteht ja nur aus zerstörten Seigelkronen, zerbrochenen Muschelschaalen, zerriebenen Schneckengehäusen, zerfallenen Seesternen, zertrümmerten Korallen, kurzum aus den unkenntlich gewordenen Resten einer früher formenreichen Fauna. Damit 1 Kubikmeter Korallensand entsteht, müssen vielleicht 6 Kubikmeter farbenprangende, gestaltungsreiche Thiere zerstört und zu Kalkpulver zerbrochen werden.

Durch welche Kräfte wird denn aber diese Zerkleinerung bewirkt, durch welche Ursachen wird die korallophile Fauna in feinen scharfkantigen Korallensand verwandelt?

Vielfach begegnet man der Ansicht, dass durch die Brandung der Meereswogen alle Muscheln und Panzer kalkschaaliger Thiere zerbrochen und zu Kalksand gemacht würden, aber diese Meinung ist durchaus unrichtig. Wer mit eigenen Augen die Thätigkeit der Brandung studirt hat, der wird wohl gesehen haben, dass Muscheln abgerollt, entkanket und abgerieben werden; aber wenn diese Reste nicht zwischen Geröllen liegen, so wirft sie die Brandung wohl ans Ufer, zerbricht sie aber nicht in kleine Stücke.

Anders ist es an solchen Küsten, wo auf dem muschelreichen Strande grössere Felsblöcke liegen, die von der Brandung hin- und hergewälzt werden. Diese müssen natürlich als Zerkleinerungsmaschine wirken, und alle Muscheln zerbrechen, über die sie hinwegrollen.

An ¹⁾ den westindischen Inseln (z. B. St. Eustatius) ist der muschelreiche Strand mit runden Andesitblöcken bedeckt, die von jeder Welle mit ungeheurer Gewalt übereinander gerollt werden. In stillen Nächten hört man diese riesige Zerreibungsmaschine stundenweit. Die zermalmende Kraft dieser Blöcke ist sehr gross, und der sehr feine, aber eckige Muschelsand der Küste ist durch sie gebildet worden.

Aber auf der unebenen, von vielen Höhlen und Lücken durchzogenen Oberfläche der meisten Korallenriffe ist erstens die Kraft der Brandung schon an der äussersten Riffkante wesentlich geschwächt, zweitens fehlen in der Regel die Mahlblöcke. Hier sind es Raubkrebse, Raubfische, Holothurien und andere Thiere, welche den Kalksand erzeugen.

Wie es VERILL und SCHMIDTLEIN (S. 526) für die Muschelsande der gemässigten Zone zuerst nachgewiesen haben, nähren sich viele Krebse von kalkschaaligen Thieren und benutzen ihre Scheerenfüsse oder die einschlagbaren Klauenspitzen, um damit Muscheln, Schnecken, Krebse und andere Thiere anzugreifen, ihre Panzer zu zerbrechen, und das darin enthaltene Fleisch zu verzehren. Geradezu staunenswerth ist die Zahl der grossen und kleinen Krebse, die auf und zwischen den Korallen leben. Mag man am Strand Tausende von Einsiedlerkrebsen mit ihrem Schneckenhaus herumwandern sehen, oder viele Hunderte von Krabben beobachten, oder mag man beim Zerschlagen einer *Stylophora* oder *Madrepora* ein paar Dutzend kleiner Krebse herausfallen sehen, oder zwischen den Stöcken des Riffes einen 50 cm langen *Palinurus* bemerken — überall lebt und wimmelt es von Krebsen, die meist ein räuberisches Leben führen. Keine ²⁾ Thierleiche sinkt am Meeresgrunde nieder, die nicht von allen Seiten sofort Krebse anlockt. Mit bewunderungswürdiger Schnelligkeit zerrupfen sie das Fleisch, zerreissen und zerbrechen die Skelette, und holen mit ihren Käuflüssen aus dem kleinsten Bruchstück noch Fleischreste heraus. Sie ³⁾ sind die Gesundheitspolizei des Meeres und sorgen dafür, dass sich nirgends verwesende Leichen anhäufen.

Nicht minder eifrig betheiligen sich Fische bei der Erzeugung von zoogenem Kalksand. Grosse ⁴⁾ Schaaren zweier *Scarus*, die eine die Brandung ausserhalb des Riffes, die andere die Lagune bewohnend, leben gänzlich vom Abweiden der Korallenstöcke. DARWIN öffnete mehrere dieser Fische, welche sehr zahlreich und von beträchtlicher Grösse sind, und fand ihre Eingeweide durch kleine Stückchen von Korallen und feingemahlener kalkartiger Substanz ausgedehnt.

Wir wissen leider so wenig über die bionomischen Verhältnisse der korallophilen Lebewelt, dass wir nur vermuthen können, wie gross die Zahl anderer Organismen ist, die die Krebse und Fische bei ihrem Zerstörungswerk unterstützen. Von den Bakterien bis zu den Nakt-schnecken, von den Anneliden bis zu den Echinodermen finden wir zahlreiche Andeutungen dafür, dass auch sie helfen, einen feinkörnigen

1) Nach Dr. MOLENGRAFF 1888, November.

2) J. WALTHER, Abh. d. K. S. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1888, S. 478.

3) KELLER, Reisebriefe aus Ostafrika, dem Rothen Meere und Madagascar.

4) DARWIN, Korallenriffe, S. 14.

oder grobkörnigen Kalksand zu liefern, der sich am Aufbau des Riffes theiligt.

Während der zoogene Kalksand meist hellfarbig, weiss, gelbgrünlich ist, finden wir ihn auf den Riffen der Palkstrasse von grauer bis kaffebrauner Färbung und stark verunreinigt durch terrigenes Material zu 5–25%.

Der zoogene Kalksand wird entweder in die engen Klüfte und Spalten der Korallenäste und Stöcke, oder am Grunde der grösseren Lücken abgelagert, die das Riff nach allen Seiten durchziehen. Die allgemeine Anordnung der Korallen auf dem Riffe möchte ich am liebsten mit einem Parke vergleichen. Zwischen blühenden Buschgruppen und buntfarbigen Blumenbeeten verschlingen sich sandbedeckte Wege; bald verschmälern sie sich zwischen hohen Büschen, münden wohl auch in eine schattige Grotte, bald verbreitern sie sich zu kiesbedeckten Plätzen. Genau so verhalten sich die bunten Korallenkolonien zu den weissen Kalksandgebieten. In den inneren Rifftheilen wandelt man zwischen flachen Korallenbeeten auf den sandbedeckten Wegen umher. Nach der Riffkante zu werden die Korallenbeete zu 2–3 m hohen Gruppen und der Muschelsand nimmt geringen Raum ein.

Es ist nun massgebend für die Auflagerungsflächen des Muschel-sandes ob er am Boden von freien grossen Riffklücken oder zwischen dichten Korallenrasen zur Ablagerung gelangt. Dort unterscheidet er sich in der Anordnung seiner Theilehen nicht von der Struktur irgend eines anderen Sandlagers, d. h. er wird in ebenen Schichten von wechselnder Dicke abgesetzt, je nach dem Wechsel des Materials. Er ist mit Rippelmarken¹⁾ bedeckt im Gebiet der Wasserbewegung, und zwar liegen die groben Körner auf den Kämmen, der feinere Sand in den Thälern. Oder er ist so mit Rasen von Fadenalgen, oder Seegräsern durchwachsen, dass sich einzeln Rasenpolster über das übrige Niveau des Sandes als Sandbank erheben. Sein Profil wird demgemäss regelmässige, auskeilende, diagonale und selbst unregelmässige Schichtung zeigen.

Anders ist aber die Auflagerung des Kalksand, wenn sie auf korallenreiche Flächen erfolgt. Je zahlreicher die Korallen werden, desto mehr bestimmen sie den Typus der Auflagerung, desto mehr waltet eine vertikale Gliederung der Kalkmasse vor, d. h. um so mehr zeigt das Sediment die massige, ungeschichtete Struktur. Zwischen der regelmässigen Schichtung zoogener Sandflächen und der ungeschichteten Entwicklung korallogener Sedimente finden wir nicht nur an den Rändern, sondern auch im ganzen Gebiet des Korallenriffes alle denkbaren Uebergänge.

3. Ehe wir die feinsandigen Korallenschlicke besprechen, müssen wir den phytogenen Kalken auf den Korallenriffen unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Algen, und besonders Kalkalgen sind auf allen Riffen weit verbreitet. Am²⁾ Rande des Riffes von Keeling Atoll, dicht innerhalb der Linie, wo die obere Fläche der *Porites* und der *Millepora* abgestorben ist, gedeihen drei Arten von *Nullipora* sehr gut. Die eine wächst in dünnen Schichten, wie eine Flechte an alten Bäumen (*Lithophyllum?*), die zweite in steinigen Knollen, so wie

1) STAU, Neues Jahrb. f. Min. 1841, S. 604.

2) DARWIN, Korallenriffe, S. 9.

eines Mannes Finger von einem gemeinsamen Mittelpunkt ausstrahlend, (*Lithothamnium*?), sie ist steinhart. Eine dritte Art, welche weniger häufig ist (*Corallina*?) besteht aus einem Netzwerk dünner Zweige. Die drei Arten kommen entweder einzeln, oder untereinander gemengt vor; sie bilden durch ihr fortschreitendes Wachstum eine Schicht bis 1 m Dicke, welche in manchen Fällen ganz hart ist.

Diese Nulliporenbank umsäumt Keeling Atoll in einer 40 m breiten Zone, entweder unter der Form einzelner Vorsprünge, oder noch häufiger als ein zusammenhängender glatter convexer Wall, wie ein künstlicher Wellenbrecher.

CHAMISSE beschreibt ähnliche Algenlager von den Marshallriffen, DARWIN von Tahiti, den Gesellschaftsinseln und Pernambuco. ORTMANN¹⁾ von Upangariff. Ich habe sie im Rothen Meer und im Indischen Ocean auf Korallenriffen in Menge gefunden. Bei Pilaimuddu²⁾ fand ich in 2,5 m Tiefe ein ausgedehntes Lager von *Lithothamnium*, deren Knollen meist abgestorbene Korallenäste überwindeten und überwuchsen. Bald waren es glatte Ueberzüge, bald vielästige Kugeln von grüner Farbe.

4. Die Wellen des Meeres wirken natürlich schlämmend auf allen zoogenen und phytogenen Kalksand, und waschen aus demselben beständig den feinkörnigen Korallenschlamm heraus. Das³⁾ Wasser an der Aussenseite des Riffes ist besonders nach heftigen Strömungen und Stürmen oft ganz milchig getrübt, und während der gröbere Sand nach dem Ufer zu bewegt wird, kann das feine Korallenmehl mehrere Kilometer mit seawärts geführt werden. Major HUNT betont, dass das „weisse Wasser“ ein ausgezeichnetes Erkennungszeichen für die Nähe eines Korallenriffes ist. Nach dem Sturm, wenn das Wasser sich beruhigt, klärt es sich ab und das Korallenmehl sinkt zu Boden.

Der⁴⁾ feine Korallenschlamm wird 12–20 km vom Riff entfernt noch bemerkt. Nach einem längeren Sturm bemerkte AGASSIZ, dass innerhalb zweier Gezeiten 4–5 cm Korallenschlamm abgesetzt wurde.

Begreiflicher Weise wird dieser Schlamm überall in der Umgebung und auf der Fläche des Riffes abgesetzt, aber er kommt nicht überall auch zu Ruhe. Nur in tiefen Spalten und Höhlungen in der Lagune, sowie am Riffabhang unterhalb der bewegten Wasserzone kann er sich anhäufen.

Der Korallenschlamm⁵⁾ scheint das häufigste Sediment in den Atolllagunen zu sein. Im Hafen von Tongatabu ist er bläulich, thonig, auf den Malediven, Keeling Atoll, Marshallinseln und Bermudas ist es Sand und weicher Thon. Auf Keeling Atoll besteht die Hälfte der Lagunenfläche aus Korallen, die andere Hälfte aus Schlamm; so lange das Sediment nass war, erschien es kalkig, nach dem Trocknen aber sandig. Grosse weisse Bänke von sandigem Schlamm kommen an der Südostküste der Lagune vor und bieten eine dicke Vegetation von

1) ORTMANN, Zoolog. Jahrbücher, VI, 634.

2) J. WALTHER, Petermanns Erg.-Heft No. 102, S. 19.

3) DANA, Corals and Coral Islands 1872, S. 142.

4) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 84.

5) DANA, Coral Islands, S. 183.

DARWIN, Korallenriffe, S. 13.

CHALLENGER, Narrative, I, S. 138.

Seegras den darauf weidenden Schildkröten dar. Der Schlamm war durch humose Beimengungen missfarbig, löste sich aber in Säuren ganz auf. Der Lagunenschlamm der Bermudas wurde von erfahrenen Geologen für Schreibkreide gehalten. Auf den Marschallinseln fand CHAMISSO in den Lagunen grosse Flächen von Kalkschlamm; auf den Malediven fand MORESBY derben Thon aus Kalkschlamm entstanden. Auf Enderbury war der Lagunenschlamm so zähe, dass der Fuss 30 bis 40 cm tief einsank, und nur sehr schwer wieder herausgezogen werden konnte. Nach den Berichten des Challenger ist der Korallenschlamm meist so zähe, dass nur selten der Schiffsanker darin schleppt.

Zwischen¹⁾ dem Muschelsand, welcher die Lücken zwischen den wachsenden Korallenstöcken ausfüllt und den Sedimenten, welche die umgebende Tiefsee als Pteropodenschlick oder Globigerinenschlick bedecken, findet sich als Uebergangszone ein feiner Kalkschlamm, welcher die Abhänge der Riffföschungen bedeckt. Dieser sogenannte Korallenschlamm findet sich von 250 bis 3327 m. Der nach der Tiefe zu fast gleichbleibende Kalkgehalt beträgt 77 bis 90 %. Der Lösungsrückstand ist eine braune oder rothe thonige Substanz, in welcher stets Spongiennadeln, ebenso Diatomeen und Radiolarien enthalten sind.

An²⁾ der Küste von Brasilien, in der Nähe der dortigen Korallenriffe, fand ROUSIN in der Nähe des Landes kieseligen Sand mit vielen Kalkstückchen. Weiter ins offene Meer hinaus wird auf eine Strecke von 2500 km der Küste entlang von den Abrolhos bis Maranhão der Boden des Meeres an vielen Stellen von weissem Korallenschlamm bedeckt.

In der Umgebung des Bermudas fand man:

Tiefe in m:	Kalkgehalt in %:
18 m	93 %
1736 m	89 "
3328 m	82 "
4114 m	70 "
4526 m	54 "
4754 m	29 "
4938 m	22 "
5228 m	18 "
5412 m	3 "

Also eine ganz ununterbrochene Abnahme des Kalkes mit zunehmender Tiefe. Wenn wir bedenken, dass dieser Korallenschlamm unter sehr beträchtlichem Böschungswinkel abgelagert wird, so können wir begreifen, dass auf dem Durchschnitt eines fossilen Korallenriffes, dessen Flanken von Schichten gebildet werden, die ursprünglich 20 bis 40° nach unten geneigt sind.

5. Während so durch die Wasserbewegung alle feineren Bestandteile des Korallensandes der Lagune, den Riffhöhlen und dem tieferen Meere am Abhang des Riffes zugeführt werden, ergreift der Wind die gröberen, bei Ebbe trocken liegenden Kalkkörner und häuft sie zu

1) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 244 f.

2) DARWIN, Korallenriffe, S. 27, Anmerkung.

Kalkdünen an, die auf den meisten Korallenriffen eine grosse Verbreitung¹⁾ und grosse Mächtigkeit erreichen. Auf Keeling Atoll sind 10 m hohe Hügel aus Sand zusammengeweht.

Auf Hawai ist die vollkommene Abwesenheit selbst von fragmentarischen Muscheln, Schaalen oder Korallen in den 6–8° gebüschten Sandhügeln eine der auffallendsten Thatsachen. Dieses ganz fossilleere Material entsteht aus Muscheln, Conchilien und Korallen-Trümmern, die durch Wellen und Wind und gegenseitige Abreibung zu einem feinen Strandsande werden. Auf Aneгада (Westindien) findet man 12 m hohe Sanddünen in drei Reihen hintereinander.

An Elbow Bay auf den Bermudas ist eine Hütte bis auf den Schornstein in wandernden Kalksand eingegraben. Die äolisch aufgeschütteten Kalksteine erreichen hier eine Mächtigkeit von 80 m.

Alafu besteht aus Sand und Korallen-Trümmern, die von den Wellen aufgeschüttet sind, ohne eine Spur von erdigen Stoffen.

Eine Reihe sandiger Dämme, 3–15 m breit, war erst im Jahre 1870 bei einem Sturme heraufgespült worden. Die Insel Peru unter 1° S. Br. und 176° L. ist kein eigentliches Atoll, sondern eine 6 km lange und 1–2 km breite Insel mit einigen seichten Lagunen, die zum Theil sehr klein, vom Lande ganz umschlossen und zur Ebbezeit trocken, zum Theil grösser und nach dem Meere zu geöffnet sind. Die Insel besteht aus Reihen von Sandrücken, die aus Kalk und Muschel-Trümmern zusammengesetzt sind. Diese Rücken sind meist 10–15 m breit und die Senkungen zwischen ihnen 1–2 m tief. Sie laufen an dem einen Ende der Insel querüber, in der Mitte parallel mit dem Ufer, und sind so regelmässig, dass sie den Eindruck eines künstlichen Ursprungs machen. Wahrscheinlich ist jeder Rücken das Werk eines einzigen Sturmes.

Die äolischen Kalkdünen der Bermudas²⁾ sind durch Steinbrüche gut aufgeschlossen und zeigen Diagonalschichtung von 28–32° wechselnd mit horizontalen Kalkschichten. Bei Elbow Bay bildet der wandernde Kalksand eine 8 m dicke Masse, die wie ein Gletscher das Thal erfüllt.

Als Seltenheit findet man in dem fossilen Riff der Insel Ramesveram eine Kalkbank, welche viele wohlerhaltene Landschnecken enthält. Wahrscheinlich sind sie durch starke Regengüsse auf das Riff geschwemmt worden und gelangten so zwischen die marinen Kalke.

6. Den bisher besprochenen organischen Kalksedimenten der Korallenriffe stehen die terrigenen Sande ziemlich fremdartig gegenüber. Da sie immer von anstehenden denudirten Felsen abstammen, so sind sie an die Koralleninseln in der Nähe des Festlandes gebunden. Während auf den Küsten der meisten, vom Challenger³⁾ besuchten Koralleninseln nur Kalksand zu sehen war, machte der Quarzsand von Somerset einen überraschenden Eindruck. Die Saumriffe des Rothen Meeres zeigen

1) DARWIN, Korallenriffe, S. 11.

DANA, Coral Islands 1872, S. 156.

CHALLENGER, Narrative, I, S. 143.

RICE, Bull U. S. N. Mus. 1884, No. 25.

PETERMANN'S Mitth., Whitmee, Bd. XVII, S. 201.

2) W. THOMSON, The Atlantic, I, S. 308.

3) CHALLENGER, Narrative, II, S. 540.

häufig terrigene Sandgebiete innerhalb der kalkigen Sedimente des Riffes. Hier erklärt die Nähe der Wüste mit ihren Sandstürmen das Auftreten derselben genügend. Am Ufer der Insel Ramesveram in der Palkstrasse sehen wir, eingeschaltet zwischen die fossilen Riffe des Strandes und die lebenden Riffe des Seichtwassers, ausgedehnte Flächen durch Mineralsand bedeckt. Neben und über weissgelbem Quarzsand liegen dünne Schichten von schwarzem Magneteisensand, rothem Granatsand, und denselben Elementen begegnen wir wieder in den unreinen Kalksanden, welche die Lücken auf dem lebenden Riff von Shingle Island und Curryuddy erfüllen.

Auch die lateritisch rothgefärbten Teraisande Südindiens finden sich auf der Koralleninsel Ramesveram.

Sehr selten treiben grösserer Steine auch auf Korallenriffen an. Ross¹⁾ fand mitten in dem Kalk eines kleinen Atolls nördlich von Keelinginsel ein kopfgrosses Stück Grünstein. CHAMISSO berichtet, dass die Bewohner des Radakarchipels die Steine zum Schärfen ihrer Instrumente dadurch erhalten, dass sie die Wurzel angetriebener Bäume untersuchen. Es sind dort Gesetze erlassen, wonach solche Steine dem Häuptling gehören.

7. Sehr häufig werden Bimsteine am Ufer von Koralleninseln ausgeworfen. Die Novaraexpedition²⁾ fand auf dem Sikayanaatoll wallnussgrosse Bimsteingerölle hoch über dem Hochwasser; auch JUKES hat bei der Torresstrasse Bimsteinlager 3 m über dem Hochwasser in grosser Verbreitung gefunden. Diese Bimsteine stammen entweder aus dem Inneren des Festlandes und werden, wie bei Arequipa³⁾, durch Flüsse massenhaft dem Meere zugeflossen, oder aber sie wurden bei dem Ausbruch vulkanischer Inseln ins Meer geworfen und erreichten schwimmend nach langer Wanderschaft eine einsame Koralleninsel. Durch die Beobachtungen von GUPPY⁴⁾ und MURRAY wurde nun nachgewiesen, dass die Bimsteine unter dem Einfluss des Tropenklimas zu einem rothen Thon oder Sand (Laterit) zersetzt werden, der als „Terra rossa“ ein charakteristisches Sediment des Korallenriffes ist. Man hat früher vielfach angenommen, dass die Terra rossa ein Lösungsrückstand von Korallenkalk sei; alle diese und ähnliche Spekulationen beruhen aber auf einem grossen Missverständniss der einschlägigen Umstände, wie wir Seite 562 auseinandergesetzt haben.

Die Terra rossa ist auch auf den Bermudas weitverbreitet, und kommt dort⁵⁾ sogar 15 m unter Wasser mitten zwischen äolischen Kalksteinen vor.

8. Die verwitterten Bimsteine bilden häufig den Kulturboden für die Ansiedelung von Palmen, Mangroven und anderen litoralen Gewächsen, und wenn erst einmal eine dichte Pflanzendecke das Atoll oder die einsame Koralleninsel überzieht, dann wird leicht dass dort gebildete Kalksediment durch beigemengte Pflanzenreste humus-

1) DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 532.

2) Novara Expedition, II, S. 438.

Vergl. DARWIN, Reise eines Naturforschers, S. 71.

3) AGASSIZ, Blake, I, S. 267.

4) GUPPY, The Solomon Islands, S. 137.

5) WALLACE, Island life, S. 256.

reich und schwarzgefärbt. Die¹⁾ Insel Batag besteht aus Korallenkalk, welcher von einer sehr wechselnden Humusschicht, oder direkt von Korallensand bedeckt war. Der Boden von Christmasinsel²⁾ ist an einigen Orten locker und schwarz. Es ist offenbar, dass seine Bestandtheile verfaulte Pflanzen, Vogelkoth und Sand sind. An einigen Stellen zeigen sich Korallen- und Muschelbänke, welche dem Strande parallel bis 2 km vom Meere in gerader Linie dahinziehen, und wie ein Ackerfeld von Furchen durchschnitten werden.

Durch ausgeworfene Seetange können sich den kalkigen Strand-sedimenten der Korallenriffe ebenfalls vegetabilische Reste beimischen und zur Verfärbung der Kalksteine Anlass geben.

9. Viele einsame Koralleninseln in relativ regenarmen Gebieten werden bedeckt von Lagern von Vogelmist, die als Guano seit dem Jahre 1855 eine grosse ökonomische Bedeutung gewonnen haben. Die Bakerinsel ist von einem 100 m breiten Riff umgeben, und zeigt ein Guano-Lager von 18 cm—1 m Dicke auf Korallenkalk. Auf Howlandinsel liegt 18 cm—1,3 m Guano auf Korallenfelsen. Auf Jarvisinsel liegt der Lagunenboden 2 m über dem Meeresspiegel, und besteht aus Korallenkalk, darauf liegt Korallensand, dann folgen 60 cm Gyps, und darüber der Guano. Dieselbe Combination von Gyps und Guano findet sich auch auf McKean-, Phoenix-, Malden- und Heroinsel.

Die Diagenese der Korallenriffe wurde früher schon eingehend geschildert. Wie wir S. 707 zeigten, ist die Umwandlung des Kalkes in Dolomit eine ganz charakteristische Erscheinung auf Korallenkalken.

Seltener ist die Verwandlung des kohlensauren in phosphorsauren Kalk unter dem diagenetischen Einfluss von Guanomassen, die S. 709 beschrieben wurde.

Vereinzelte sind die Berichte über die Vergypfung von Korallenkalk (s. S. 708) und die sekundäre Bildung von Schwefel. Auch Verkieselung scheint vorzukommen.

Das wesentliche Sediment der Korallenarchipels ist der ungeschichtete, oft von ursprünglichen Höhlen durchzogene Kalk, oder Dolomit. An seinen Flanken finden wir einen raschen Facieswechsel, vermittelt durch Uebergusschichtung. Im Litoral der Riffe bilden sich mächtige fossilere Dünenkalke mit Diagonalschichtung, in der Lagune von Atollen wird ein feinschlammiger Kalk in dünnen horizontalen Schichten abgesetzt, und selbst mitten in den ungeschichteten Korallenkalken begegnen wir Nestern und Einlagerungen organischer Kalksande, die sich durch regelmässige Schichtung auszeichnen. Homologe Sedimente sind humose Kalke, Guano, vereinzelte terrigene Ablagerungen, und die zu Terra rossa verwitterten Bimsteine.

1) SEMPER, Die Palauinseln, 1873, S. 16.

2) PETERMANN'S Mitth., Bd. V, S. 175.

3) HAGUE, Am. Journal 1862, Sept. Ref. Petermann's Mitth. 1863, S. 81. Z. Allg. Erdkunde. Berlin 1865, S. 157.

FRANCIS, Neues Jahrb. für Min. 1844, S. 838.

25. Die Vulkaninseln.

Die vulkanischen Ablagerungen, welche sich im Meere bilden und zur Entstehung vulkanischer Inseln und Archipele Anlass geben, stimmen zwar in vielen Punkten mit den festländischen Vulkanen überein, beide erheben sich als steile Kegel, beide sind vornehmlich aus Lava und Tuffen zusammengesetzt — aber sehr wesentliche Unterschiede zeigen sie in der Anordnung ihrer Baumaterialien und in der Betheiligung homologer, nicht vulkanischer Sedimente. Auf vulkanischen Inseln sind die Ablagerung der Tuffe und Laven, die Denudation der gebildeten Gesteine und das Auftreten von dünnen und mächtigen Kalkablagerungen im Verband der vulkanischen Gesteine bestimmende Charaktere, welche es leicht gestatten, diesen marinen vulkanischen Faciesbezirk von festländischen Vulkanen zu unterscheiden. Zweifel über die Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen Bezirk kann nur dann laut werden, wenn ein festländischer Vulkan an der Küste steht, und mit dieser einen Seite seines Fusses den marinen Bedingungen unterworfen ist.

Während man bei festländischen Vulkanen nie hätte in Zweifel sein dürfen, ob sie durch Hebung oder Aufschüttung entstanden, lässt es sich wohl verstehen, dass man die Bildung einer vulkanischen Untiefe auf Grund der beobachteten Reliefveränderungen für eine Aufwölbung und „Hebung“ des Meeresbodens erklärte.

Im Jahre 1740 veröffentlichte LAZZARO MORO ¹⁾ einen „historischen Bericht von der neuen Insel, welche im griechischen Meere oder dem Archipelagus im 1707. Jahre neuentstanden ist. Am 23. März sah man in dem Meerbusen der Insel Santorini, welche zwischen den beyden Inseln Braciane, sonst die kleine und grosse Cameni genannt, inne gelegen ist, etwas von weitem als einen schwimmenden Fels, und hielt es für Trümmer von einem verunglückten Schiffe. Einige Bootsleute machten sich dahin, das vermynte Schiff näher zu sehen; sie erstaunten aber, da sie fanden, dass ein Felsen aus dem Grunde des Meeres hervorzusteigen anfang. Folgenden Tag wurden viele andere Leute über eine so seltsame Begebenheit neugierig und wollten sehen,

1) LAZZARO MORO, Neue Untersuchungen der Veränderungen des Erdbodens, nach Anleitung der Spuren von Meerthieren und Meergewächsen, die auf Bergen und in trockener Erde gefunden werden. Leipzig 1751. Uebersetzt S. 231.

was es wäre, weil sie den Schiffen nicht glaubten: so bald sie aber dahin kamen, fanden sie es mehr, als zu gewiss. Die Begierigsten wollten aussteigen, der Felsen aber bewegte sich noch und ging zusehends in die Höhe; brachte auch unterschiedene Sachen hervor, die zum Essen dienten, u. a. ausserordentlich grosse Austern von ausserordentlichem Geschmack; desgleichen erschien ein Stein, den sie für Zwieback ansehen konnten, es war aber ein sehr feiner oder dünner Bimstein“.

Auf diesem, für die Geschichte der Geologie überaus wichtigen und verhängnissvollen Bericht, fusst die Lehre von der „vulkanischen Hebung“, welche über 100 Jahre lang geglaubt und vielen geologischen Betrachtungen als Axiom zu Grunde gelegt worden ist.

Heute ist es wohl allgemein anerkannt, dass vulkanische Inseln ebenso wie festländische Vulkane, nicht durch Auftreibung und Hebung des Bodens, sondern durch Aufschüttung von Tuffen und durch das Hervorquellen von Laven entstehen. Und wenn trotzdem die Worte „Hebung und Vulkanismus“ vielfach in einer engen Ideenverbindung gebraucht werden, so sieht man daraus nur die nachhaltige Wirkung veralteter und längst widerlegter Hypothesen.

Vulkanische Inseln entstehen also im Princip ganz genau wie festländische Vulkane, ihre wesentlichen Baumaterialien sind Laven und Tuffe, nur die Auflagerung beider Elemente geschieht unter Wasser anders als auf dem Festland.

Die Lava tritt bei festländischen Vulkanen in der typischen Form langer, schmaler Ströme auf, welche häufig in ihrem Innern grosse Höhlen zeigen. Vergleicht man aber damit die Form und Bildungsweise submariner Vulkane, die Entstehung von Neakaymeni, von Isola di Ferdinando (Isola Corrao), so scheint es, dass die submarinen Laven sich häufiger als Quellschloten, denn als Ströme ablagern. Das langsame Emporsteigen einer dampfenden, mit grossen Blöcken bedeckten Lavamasse, deutet wenigstens ebenso sehr darauf hin, wie die Form der Untiefen, welche nach Abschluss der Eruption übrigbleiben.

Die Stelle, wo im Jahre 1831 die Insel Ferdinando entstanden war, ist im Laufe der folgenden Jahre immer mehr abradirt¹⁾ worden.

1832 war die Untiefe 4,5 m tief

1837 „ „ „ 16 m „

1841 „ „ „ 18 m „

1851 „ „ „ 30 m „

1870 „ „ „ 33 m „

1885 „ „ „ 44 m „

Schon²⁾ 1833 war jede Andeutung eines Kraters verschwunden. Ueber die Bildung einer anderen Vulkaninsel berichtet THAYER³⁾:

Am 6. September 1875 erblickte man 30° 14' S. Br. 178° 55' Oestl. L. Gr. eine kleine unbewachsene Insel aus der dichter Rauch aufstieg, wenige Fuss über dem Meere erhaben. Sie bildete einen breiten Ring mit einem kleinen Teich in der Mitte, der durch einen

1) Rep. Admiralty Surv. 1885. Ref. in Petermanns Mitth. XXXII, S. 349.

2) Ref. Neues Jahrb. für Min. 1835, S. 710.

3) Das. 1839, S. 219.

Kanal mit dem Meere verbunden war. Der Teich, aus Seewasser bestehend, hatte 20° C., der Rauch kam aus mehreren Spalten des Ringes, der sehr heiss war, und nach aussen steil zur Tiefe abfiel. Das Meerwasser war noch in 8 km Entfernung 5–8° C. höher warm als in der weiten Umgebung.

Den ¹⁾ Eruptionsercheinungen auf Santorin im Jahre 1866 ging eine langsame Senkung des Terrains, die bis 2,5 m betrug, voraus. Nachdem das Meer kräuselnde Wellen gezeigt hatte, erhob sich am 1. Februar die schwarze Lavamasse über das Meer. Die See war ringsum stark erhitzt und das Wasser floss vom Wärmequell ab. Die aus schwarzen Lavablöcken bestehende neue Insel Georg nahm unregelmässig an Umfang und Höhe zu, und vereinigte sich nach wenigen Tagen mit der Insel Neakaimeni. Am 15. Februar erschien die neue Insel Aphroessa. Ihre Oberfläche war nicht mit Meeresthieren bedeckt. Langsam quoll die Lava von unten nach, und entsandte hohe Dampfswolken.

Der Georg war Ende März eine 500 m lange, steil vom Meere ansteigende, oben schildartig gewölbte Lavamasse, bestehend aus einem Haufwerk rauher, oft schneidend scharfer Felsblöcke von verschiedenster Grösse und bald dichter, halbglassiger, seltener aber schlackiger Struktur. Manche dieser Blöcke lagen so lose, dass schon ein Druck mit der Hand hinreichte, um Massen von mehreren Kubikmeter Inhalt umzustossen. Eine regelmässige Anordnung war nirgends zu erkennen, auch fehlte eine Krateröffnung und nur ein 7 m breiter Schlund war vorhanden. Während in dem mittleren Theil der Insel die Lava ruhig lag, hörte man am Rande des Georg ein eigenthümliches unterirdisches Knacken, begleitet von dem Klirren, der in die neugebildeten Spalten hineinfallenden glasigen Lavatrümmer.

Der culminirende Punkt des Georg verschob im Laufe der folgenden Wochen mehrmals seine Lage, während die Gesamtmasse stabil blieb.

Die ganze Masse des Georg und der Aphroessa war ein im Innern noch zähflüssiger Lavaguss, Nachts leuchtete aus allen Spalten die heisse Innenmasse hervor. Wie aus einem Riesenmeiler brachen überall die Fumarolen hervor.

In einem Abstand von 50 m war das Meer 40° C. warm, kältere Stellen waren unmittelbar daneben. Ein Streifen gelbrothen Wassers zog sich weit ins Meer hinaus.

Während der zweiten Hälfte des Februars warf der Georg bis in eine Entfernung von 1 km $\frac{1}{2}$ –6 km grosse Bomben aus. Um einen lockeren porösen Kern schlingt sich eine dichte Obsidianrinde, welche durch polygonale Sprünge getheilt wird. Gegen Stösse waren diese Bomben so empfindlich, dass die meisten bei geringer Erschütterung zersprangen.

Der nur 8° geneigte Meeresboden beim Georg, bewirkte sofort Strömungen des Magma und deshalb trat hier die Lava früh über das Meer herauf, während die Aphroessa auf einer 25° geneigten Fläche entstand, weshalb erst der Meeresboden beträchtlich erhöht werden musste, ehe sich die Lava über den Meeresspiegel erhob. Das Profil der Aphroessa bietet selbst Böschungen von 28°.

1) K. v. SEEBACH, Abh. k. Ges. der Wissensch. Göttingen 1867.

Nach v. SEEBACH ist das Fehlen bandförmiger Lavaströme auf die Zähflüssigkeit der Lava allein zurückzuführen, unseres Erachtens spielt aber der abkühlende Einfluss des umgebenden Wassers auch hierbei eine Rolle.

Mit vulkanischen Vorgängen hängt die merkwürdige Exhalation¹⁾ von Schwefelwasserstoff 1882 bei Missolunghi zusammen, welche das Sterben unzähliger Fische in der dortigen Meeresbucht veranlasste.

Nach den vorliegenden Beobachtungen scheint Lava unter Wasser mehr in kompakten Quellkuppen und grossen Strömen, als in schmalen Lavabächen abgelagert zu werden. Sobald aber erst die vulkanische Untiefe als Insel aus dem Meere heraustritt, so unterscheidet sich die Form ihrer später gebildeten Lavamasse in nichts, von den Lavaströmen festländischer Vulkane. Während die festländischen Tuffe, wie wir es mehrfach (S. 687, 820.) geschildert haben, in der Luft nach der Schwere gesondert werden, und demnach als wohlgeschichtete Ablagerung zu Boden fallen, deren Schichten ursprünglich bis zu 45° geneigt sein können, erfolgt unter Wasser auch die Ablagerung der Tuffe in etwas anderer Weise:

Alle, aus der Eruptivspalte heraustretenden Bomben, Sande und Aschen, werden in ihrer Aufwärtsbewegung durch das schwere Wasser gehindert. Statt der lockern Trockentuffe bildet sich ein schlammiges Gemisch von Asche, Steinen und Seewasser, und dieser dicke Schlamm wird lange Zeit durch die ausströmenden Dämpfe in wallender, kochender Bewegung erhalten. Grobe und feine Bestandtheile werden regellos durcheinander gemischt, schlierenartig vertheilen sich die Schlammmassen, und wenn die Eruption zu Ende ist, dann sinkt über dem Eruptivschlot die ganze breiige Masse als ungeschichteter Tuff zu Boden, während in angemessener Entfernung von dem dampfenden und brodelnden Eruptivkanal, die sortirende Thätigkeit des bewegten Seewassers immer deutlicher geschichtete Tuffablagierungen erzeugt. Diese letzteren Tuffe dürften ziemlich regelmässig geschichtet in horizontalen Bänken abgelagert werden.

Obwohl die soeben betrachteten Erscheinungen weniger direkt beobachtet, als aus anderen Phänomen erschlossen wurden, so schien es doch wichtig, die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf diese Probleme hinzulenken.

Die Oberflächenformen vulkanischer Inseln stellen aber nicht allein Auflagerungsflächen dar, sondern wir treffen mit diesen vergesellschaftet ausgedehnte Denudationsflächen. Schon während der Ablagerung der genannten Tuffschlamme, arbeitet die Abrasion an ihrer Zerstörung, und je älter eine vulkanische Insel ist, desto überwiegender wird ihre Oberfläche durch Denudationsflächen gebildet werden. Und so müssen wir bei Betrachtung der äusseren Form vulkanischer Inseln und ihrer oft sehr merkwürdigen Böschungen immer daran denken, dass sie unter dem Einfluss der Abrasion entstanden sind und diesem Einfluss beständig unterworfen bleiben.

Nachdem BUCHANAN²⁾ eingehend den Abfall der Canarischen

1) VOM RATH, Neues Jahrb. für Min. 1882, I, S. 235.

2) BUCHANAN, Scott. Geogr. Mag. 1887, III, S. 217. Ref. Petermanns Mitth. XXXIII, S. 81.

Inseln untersucht hat, stellt DIETRICH¹⁾ eine grosse Zahl derartiger Winkelmessungen zusammen, denen ich folgendes entnehme:

Es finden sich bei St. Helena Böschungen von $38\frac{1}{2}^{\circ}$ und 41° , bei Tristan d'Acunha von $33^{\circ} 23'$ und bei St. Paul von $28\frac{1}{2}^{\circ}$, $31^{\circ} 22'$, 56° und selbst 62° . Indessen beginnt ein derartig steiler Absturz meist nicht unmittelbar an der Küste, vielmehr erst in einiger Entfernung von derselben jenseits einer flachen abgedachten Litoralzone, so bei St. Helena an der Nordwestküste erst bei 73 und 91 m, an der Südküste bei 110 m Tiefe, bei Ascension in ungefähr gleicher Tiefe (73 und 183 m); bei St. Paul, für welches 3 Lothungsreihen nur die Gesamtböschung angeben, stürzt an der Nordwestküste der unterseeische Sockel an der Küste unter 62° ab. Bereits in der Tiefe von 70 m aber wird die Böschung beträchtlich flacher, es folgt eine sauft abgedachte Terrasse, an die sich erst bei 90 m Tiefe wieder ein steilerer Absturz anschliesst. Eine ähnliche submarine Terrasse scheint auch Fernando Noronha zu besitzen. Der Peak der Insel senkt sich zur Küste unter 70° , unter dem Meeresniveau aber ist die Neigung bis zur Tiefe von 55 m nur eine geringe ($1^{\circ} 1' - 2^{\circ} 30'$). Vermuthlich tritt auch hier der eigentliche Steilabfall erst in grösserer Tiefe ein. Tristan d'Acunha senkt sich unter einem Böschungswinkel von $10\frac{1}{2}^{\circ} - 11^{\circ}$ nach Ost, unter einem solchen von $33\frac{1}{2}^{\circ}$ nach NNO und von 23° nach S. Auch hier lassen die beiden letzten Lothungsreihen wieder erkennen, dass der eigentliche Steilabfall nicht sofort an der Küste, sondern erst in grösserer Tiefe bei 46 m resp. bei 165 m beginnt.

Aehnliche Steilabfälle, die den bisher geschilderten kaum nachstehen, treffen wir bei den „vulkanischen Inseln des Guinea-Golfes“ an. Die geringste vorkommende Böschung beträgt noch über 5° , während die beiden steilsten 30° überschreiten, nämlich

San Thomé N $32^{\circ} 22'$
J. do Principe SO $31^{\circ} 37'$.

Die hier vorhandenen Steilabfälle reichen bis zu bedeutenden Tiefen hinab, nämlich

32°	bis	837 m	und	$19\frac{1}{2}^{\circ}$	bis	1400 m	Tiefe
$20\frac{1}{4}^{\circ}$	"	950 "	"	22°	"	1750 "	und
				15°	"	2530 "	Tiefe
13°	"	1700 "					
$29\frac{1}{4}^{\circ}$	"	1000 "	"	15°	"	1600 "	"
$26\frac{1}{4}^{\circ}$	"	1025 "	"	14°	"	1600 "	"

Bedeutend sanfter ist dagegen der Abfall des unterseeischen Sockels der Azoren, bei denen die Anfangsböschung bis zur Tiefe von 183 m zwischen $3\frac{1}{2}^{\circ}$ und $10\frac{1}{2}^{\circ}$ schwankt. Die beiden Lothungsreihen, die einen Einblick in die weitere Abdachung des unterseeischen Sockels gewähren, lassen erkennen, dass diese verhältnissmässig nicht bedeutende Anfangsböschung sehr bald sich noch mehr verflacht ($2^{\circ} 51' - 2^{\circ} 6'$).

3) DIETRICH, Unters. über die Böschungsverh. der Sockel oceanischer Inseln. Diss. Greifswald 1892.

Unter noch geringeren Böschungswinkeln steigt der unterseeische Sockel von Jan Mayen aus der Tiefe auf. Der steilste Abfall findet sich an der Ostküste und beträgt zwischen 620 und 1940 m Tiefe $6\frac{3}{4}^{\circ}$, zwischen 1940 m und 2330 m Tiefe 4° . Nach Westen und Südwesten hin sind die Böschungen wesentlich sanfter; sie betragen in NO $5\frac{1}{4}^{\circ}$, in N 4° , in NW $3\frac{1}{2}^{\circ}$ und in S nur noch 1° . v. BOGUSLAWSKI berechnet den steilsten Abfall von Jan Mayen auf 8° , nach einer Notiz im „Geographischen Jahrbuch“¹⁾ jedoch soll der Abfall nach N 45° , nach S 7° betragen. Diese letztere Angabe beruht jedenfalls auf Irrthum, denn weder die Lothungen des Vöringens, nach denen die angegebenen Böschungen berechnet sind, noch die in den Seekarten des Hydrographischen Amtes verzeichneten Tiefen machen einen solchen Steilabfall dort ersichtlich.

Von den vulkanischen Inseln des Mittelmeeres zeigen namentlich die Sockel der Liparen steile, denen ihrer subaerischen Erhebungen kaum nachstehende Böschungen. Bei Salina findet sich auf der Tiefenstufe zwischen 60 und 500 m der steilste Abfall unter einem Böschungswinkel von 18° , mit zunehmender Tiefe verflacht sich derselbe auf $9^{\circ} 10'$, $8^{\circ} 53'$, $7^{\circ} 41'$ und endlich $5^{\circ} 52'$ zwischen 1830 und 2540 m Tiefe. Bei Panaria ist die Neigung etwas geringer; sie beträgt anfangs $7^{\circ} 37'$, steigt dann aber zwischen 83 und 1200 m Tiefe auf $12^{\circ} 21'$. Stromboli zeigt in 3 Lothungsreihen bis zur Tiefe von ca. 1500 m eine durchschnittliche Böschung von 15° — 22° ; während sie sich in SSW bis zur Tiefe von 1870 m auf 17° — 18° hält, beträgt sie im Westen und Osten anfänglich 22° , sinkt dann aber auf $15\frac{1}{4}^{\circ}$ in W, auf $5\frac{3}{4}^{\circ}$ in O.

In der Santoringruppe stellen die im Innern des durch die Inseln Thera, Therasia und Aspronisi gebildeten alten Kraterandes gelegenen, der Hauptsache nach erst in historischen Zeiten entstandenen Kaimeni-Inseln: Palaea-, Mikra- und Neakaimeni echte vulkanische Inseln dar. Die für die Gruppe vorliegenden, namentlich nach der Eruption des Georgios im Jahre 1866 ausgeführten Lothungsreihen²⁾ lassen erkennen, dass zunächst Neakainemi nach Norden zu einer Tiefe von 274 m unter $17\frac{1}{2}^{\circ}$ und 18° , nach Süden bis 183 m Tiefe unter 8° — 10° , nach Westen bis zu 92 m unter $21\frac{3}{4}^{\circ}$ und nach Osten bis zu 366 m Tiefe unter $20\frac{1}{2}^{\circ}$ — 25° abfällt. Palaeakaimeni senkt sich nach Westen unter $23\frac{1}{2}^{\circ}$, $38\frac{1}{2}^{\circ}$, 15° und 10° bis zu einer Tiefe von 350 m, mit steilster Böschung zwischen 92 und 183 m. Nach Norden, wo sich der Nea- von Palaeakaimeni trennende Meeresarm von 92 m Tiefe befindet, beträgt die Neigung nur $8\frac{3}{4}^{\circ}$. Die steilsten Böschungen aber finden sich am Innenrande der alten Kraterumwallung; zeigt schon der Abfall an der Simadiri-Spitze $36\frac{1}{2}^{\circ}$ — 37° , bei Cap Tripiti 32° — $38\frac{1}{2}^{\circ}$, bei Aspronisi $39\frac{3}{4}^{\circ}$, so steigt dieser Betrag bei Cap Turlos auf 44° , an der Moniki-Spitze auf $48\frac{1}{2}^{\circ}$ und bei Cap Skaro sogar auf 56° — $57\frac{1}{2}^{\circ}$.

Von den Inselvulkanen des Indischen Oceans: Amsterdam und St. Paul stehen uns nur Lothungen in unmittelbarer Nähe der

1) Geographisches Jahrbuch, Bd. VII, S. 517.

2) Nach der englischen Aufnahme. Petermanns Geographische Mitth. 1886, Taf. 8.

Küste zu Gebote. Diesen zufolge ist auch hier die Anfangsböschung nicht besonders steil. Sie beträgt bei Amsterdam bis zur Tiefe von 220 m $9\frac{1}{2}^{\circ}$, bei St. Paul (NO) bis zu 100 m Tiefe im Maximum 4° — 5° . Erst jenseits dieser Tiefe macht sich ein steilerer Abfall unter einem Böschungswinkel von $13^{\circ}49'$ geltend. Dass aber hier lokal beträchtliche Unterschiede in den Böschungsverhältnissen vorliegen, beweist die von der Gazelle¹⁾ bei der Insel Amsterdam angestellte Lothung, welche in einer Entfernung von nur 254 m eine Tiefe von 1485 m ergab, was einem Abfallswinkel von 80° entspricht.

Für Gunong Api und Suangi in der Banda-See liegen nur Berechnungen der Gesamtböschung vor, welche für Gunong Api bis zur Tiefe von 4000—5000 m einen Steilabfall von 19° — 22° , für Suangi bis zur Tiefe von 2200 m einen solchen von 20° ergeben. Aber selbst zwischen 2200 m und 7320 m Tiefe beträgt die Böschung des unterseeischen Sockels von Suangi immer noch fast 6° .

Die von der Gruppe der Tubuai- und Societäts-Inseln vorliegenden Messungen ergeben ziemlich übereinstimmende Böschungswerte:

Bei Tubuai	bis 4480 m Tiefe	$5^{\circ} 1'$,
„ Eimeo	„ 2790 „ „	$5^{\circ} 10'$,
„ Ruratu	„ 4365 „ „	$7^{\circ} 40'$,
„ Peard-Is.	„ 3570 „ „	$7^{\circ} 5'$.

Aehnlich ist der Abfall von Kanadavu im Fidji-Archipel, während Tuvutha und Matuku etwas steilere Böschungen aufzuweisen haben, die jedoch nur bis zu geringen Tiefen hinabreichen. Wenn wir nun beachten, dass bei Viti Lewu S. W. die Gesamtböschung bis zur Tiefe von 3034 m nur $3^{\circ}49'$ beträgt, dass dagegen eine im Süden angestellte Lothungsreihe bis 200 m Tiefe eine Böschung von $7^{\circ}37'$, und zwischen 200 und 732 m Tiefe eine solche von $14^{\circ}17'$ ergibt, so lässt sich daraus ersehen, dass sich die Böschung des Inselsockels nach anfänglich steilerem Abfalle sehr bald beträchtlich verflacht.

Bedeutend steilere Böschungen treffen wir dagegen bei einigen Inseln der Marquesas- und der Samoa-Gruppen; hier finden sich dieselben aber im Gegensatze zu der Mehrzahl der bisher besprochenen Fälle gerade meist in unmittelbarer Nähe der Küste. So beträgt der Böschungswinkel

bei Tahuate	bis 29 m Tiefe	45° ,
„ Tai-o-Haé	„ 44 „ „	$35^{\circ}22'$,
„ Upolu	„ 50 „ „	$26^{\circ}17'$,
„ Tahuate	„ 62 „ „	24° .

In grösserer Tiefe folgen dann stets bedeutend sanftere Böschungen, die denen der vorher besprochenen Inselgruppen des Pacifik entsprechen. Ob und in wie weit diese abweichende Gestaltung der Inselsockel mit den die Inseln umgürtenden Korallenriffen in Beziehung steht, müssen speciellere Untersuchungen zeigen.

Auch die Sockel der Sandwichs-Inseln senken sich, ähnlich den bisher betrachteten vulkanischen Inseln des Pacifik, unter ziemlich sanften Böschungen zur Tiefe. Der Böschungswinkel beträgt

1) SUPAN, Grundzüge der physischen Erdkunde. 1884, S. 138.

bei Molokai N bis 3800 m Tiefe $6\frac{1}{4}^{\circ}$,
 „ Oahu S „ 2700 m „ $6\frac{3}{4}^{\circ}$ u. $5\frac{3}{4}^{\circ}$.

Aehnliche Böschungen lassen drei Lothungen im Südwesten von Albemarle-Isl. erkennen, die allerdings, ohne den Grund erreicht zu haben, in der Tiefe von 220–250 m abgebrochen sind; die daraus resultierenden Böschungswinkel von $6\frac{3}{4}^{\circ}$, $7\frac{1}{3}^{\circ}$ und $7^{\circ}53'$ sind also nur Minimalwerthe. Dagegen ergeben zwei von Albemarle nach NO. und NW. genommene Lotungsreihen einen viel sanfteren Abhang, der noch 2° erreicht.

DIETRICH'S Untersuchungen über die Böschungsverhältnisse der Sockel vulkanischer Inseln führen somit zu folgenden Ergebnissen:

Die Böschungswinkel schwanken zwischen äusserst verschiedenen Beträgen, sie erreichen in vielen Fällen noch nicht 1° , steigen aber andererseits in zahlreichen Fällen auf 30° bis 60° . Die steilsten überhaupt beobachteten Böschungen im Betrage von 56° und 62° finden sich bei St. Paul im Atlantischen Ocean und bei der Insel Amsterdam im Betrage von 80° . Der Durchschnittswerth für die Sockelböschungen vulkanischer Inseln beträgt $7\frac{1}{2}^{\circ}$ – $13\frac{3}{4}^{\circ}$. Auch die Böschungen subaerischer Vulkankegel schwanken, innerhalb ziemlich weiter Grenzen, denn es finden sich Böschungen von $8^{\circ}48'$, 10° , 12° und 13° , denen solche von 30° , 35° , 40° und 45° gegenüberstehen.

Die Böschung ist in den verschiedenen Tiefenstufen nicht gleichmässig. Schon oben wiesen wir mehrfach darauf hin, dass der eigentliche Steilabfall in der Regel erst jenseits einer flacher abgedachten Litoralzone beginne. Während die durchschnittliche Böschung bis zur Tiefe von 100 m $8\frac{3}{4}^{\circ}$ – $10\frac{3}{4}^{\circ}$ beträgt, steigt sie zwischen 100 und 200 m auf $10^{\circ}53'$ und zwischen 200 und 500 m Tiefe auf $13^{\circ}40'$. Der Steilabfall beginnt also in der Regel zwischen 100 und 200 m Tiefe und erreicht sein Maximum zwischen 200 und 500 m. Mit zunehmender Tiefe verflacht sich die Böschung, die jedoch noch einmal zwischen 3000 und 4000 m Tief eine geringe Zunahme der Steilheit erfährt. Ein Unterschied zwischen diesen Böschungsverhältnissen und denen der subaerischen Vulkankegel besteht nur darin, dass bei letzteren der steilste Abhang sich in der Regel unmittelbar am Gipfelkrater befindet. Im übrigen verflacht sich auch an den subaerischen Vulkanen die Böschung mehr und mehr nach dem Fusse zu.

Die wenigen Fälle, in denen wir einen direkten Vergleich zwischen der Böschung eines Inselvulkanes und seines unterseeischen Sockels anzustellen in der Lage sind, deuten darauf hin, dass der Sockel stets etwas sanftere Böschungen besitzt, wie der über dem Meere aufragende Kegel. Der unterseeische Sockel von Neakaimeni steigt unter Böschungen von 17° , 18° , $20\frac{1}{2}^{\circ}$, $21\frac{3}{4}^{\circ}$ und 25° auf, und die Neigung der Neakaimeni und des Georgvulkans, hat zeitweilig bedeutend geschwankt von 19° – 37° . Der Stromboli, dessen Neigung $29\frac{1}{2}^{\circ}$ – 32° beträgt, ruht auf einem Sockel, der sich unter 18° – 22° zu Tiefen von 560, 1000 und 1870 m abdacht. Dem verhältnissmässig sanften Abfall von Jan Mayen entspricht auch die geringe Neigung des Beerenberges, die nach der norwegischen Aufnahme 10° beträgt. Dem steileren Abfall der Inselvulkane von Fernando Noronha, St. Helena, Ascension, Amsterdam und St. Paul

entsprechen steilere unterseeische Böschungen; dieselben schwanken zwischen 20 und 40° und erreichen in einzelnen Fällen sogar 50–60°.

Eine Abhängigkeit der Böschungsverhältnisse vom Aufbau der Inseln ist nicht zu erkennen.

Die einzelnen Inseln einer vulkanischen Gruppe ruhen zumeist nicht auf einem gemeinsamen Sockel, sondern steigen isoliert vom Boden der Tiefsee auf, wie aus folgender kurzen Zusammenstellung einer Reihe von Tiefenmessungen zwischen vulkanischen Inseln hervorgeht:

Tiefe zwischen	San Thomé und J. do Principe	1750 u. 2532 m
"	" San Thomé und Afrika	2298 u. 2345 m
"	" J. do Principe und Afrika	1622 u. 2000 m
"	" San Miguel und Sta. Maria	1830 m
"	" San Miguel und Pico	1372 m
"	" Stromboli und Panaria	1870 m
"	" Albemarle und Abingdon Isl.	1485 u. 2522 m
"	" Eimeo und Tetuaroa	2790 m
"	" Matuku und Kandavu	1785 m
"	" Viti Lewu und Kandavu	732 m
"	" Upolu und Sawaii	1620 u. 4085 m
"	" Oahu und Hawaii	3749 m.

Die submarine Morphologie vulkanischer Inseln unterscheidet sich von der Form festländischer Vulkane weniger in den Auflagerungsflächen, dagegen sehr in den Denudationsflächen. Wenn bei einem festländischen Vulkan Erosion, Deflation und Exaration als denudierende Kräfte thätig sind und seine Oberfläche verändern, so tritt bei einer Vulkaninsel, oder auch auf der, dem Meere zugewandten Seite eines Küstenvulkans die Abrasion hinzu. Wir haben die eminente Denudationskraft der Meereswellen schon oft betont, und es ist leicht zu verstehen, dass durch sie der festländische Abhang vulkanischer Inseln sehr wesentlich beeinflusst wird. Gegenüber den radialen Thalrinnen, welche die Erosion anzeigt, unterwühlt die Abrasion alle Flanken und erzeugt steile, fast senkrechte Abstürze. Nirgends ist das innere Gefüge vulkanischer Kegel so deutlich und klar aufgeschlossen, als an den Küsten, nirgends begegnen wir so tiefgreifenden Denudationen als im Bereich der Brandung an Vulkaninseln.

Die Abrasion strebt darnach, die ganze Vulkaninsel im Brandungsniveau durchzusägen, und eine Untiefe zu bilden. Das lockere Gefüge des Vulkanes, der vielfache Wechsel weicher Tuffe mit harter Lava unterstützt dieses Bestreben, und so zeigen alle älteren, erloschenen, nicht durch neue Auflagerungsflächen begrenzten Vulkaninseln steile Abhänge über dem Meere, denen eine relativ flache Abrasionsstufe vorgelagert ist, wie solches oben mehrfach betont wurde.

Bekanntlich treten bei den Eruptionen vulkanischer Inseln heftige Seebeben auf, die mit unwiderstehlicher Stosskraft die Abrasion unterstützen. Bei der letzten Eruption des Krakatau im Jahre 1883 wurden durch die Seebebenwelle Steinblöcke von 6000 kg Gewicht an den Strand gerollt¹⁾, und die Verwüstungen an allen Vulkaninseln der Sundastrasse waren kolossale.

1) Scott, Proc. Roy. Soc. 1883, S. 198.

Die Ablagerungen vulkanischer Archipele sind natürlich zum grossen Theil vulkanischer Natur, doch kommen auch mechanische, chemische und organische Ablagerungen mit jenen zusammen vor. Wir schildern dieselben, indem wir vom Sockel der Vulkaninsel beginnen und zu ihrem Gipfel emporsteigen.

1. Vulkanische Inseln erheben sich ebenso aus dem Boden der Flachsee, wie aus dem der Tiefsee; infolgedessen ist ihr Sockel von sehr verschiedenartigen Sedimenten umgeben, und durch allmälige Uebergänge entwickelt sich der echte vulkanische Schlamm bald aus Rothem Tiefseethon, aus Diatomeenschlick, Globigerinenschlick, Pteropodenschlick, Muschelsand, Korallenschlamm, Grünschlamm oder Blauschlamm.

Die Canaren erheben sich aus Globigerinenschlick, und 60 km südlich von Teneriffa enthält das Sediment schon 50 % Kalkreste pelagischer Foraminiferen; ja 10 km südwestlich von Ascension enthält das Sediment 72 % Kalkreste.

So lässt sich nirgends eine scharfe Grenze ziehen, und je nach Strömungen und Wassertiefen, nach dem Alter des letzten Ausbruches und nach dem Reichthum von Plankton und Benthos ist der Uebergang ein mehr oder weniger rascher.

Vulkanischen Schlamm fand der Challenger¹⁾ von 474 m bis 5120 m Tiefe. Seine Farbe ist meist braun oder grau. Die Mineralkörnchen sind fast alle eckig, und haben einen Durchmesser von 0,06—0,2 mm. Glaukonit kommt in echtem, vulkanischem Schlamm niemals vor, Quarz ist überaus selten. Der Kalkgehalt ist in geringeren Tiefen meist grösser, als in sehr grossen Tiefen, weil hier die Lösungskraft des Seewassers eine bedeutendere ist.

Das Material des vulkanischen Schlammes stammt von zersetzter Lava, verwittertem Bimstein, von submarinen oder festländisch gebildeten Aschen, Sanden und Lapilli. Solche kleine Fragmente finden sich in allen marinen Sedimenten, denn sie bleiben lange schwebend und werden durch Strömungen überall vertheilt. In manchen Fällen kann man die Menge der bei einer Eruption in die Tiefsee gefallenen Asche berechnen. So zeigt ein Dünnschliff²⁾ als Durchschnitt durch einen Manganknollen aus 4361 m im Südpacifik, in der Mitte eine dunkle Trennungslinie, welche augenscheinlich den einstigen Tiefseeboden mit einzelnen Manganoncretionen darstellt. Ein Aschenfall von 3 cm Höhe bedeckte den Rothen Tiefseethon, die gröberen Bestandtheile liegen zu unterst und enthalten vielen schwarzen Glimmer, dann folgen immer feiner werdende Aschen. Der Boden des Meeres verhärtete, es bildeten sich kleine sprungähnliche Furchen, eine Schicht dunkler Mangansalze breitete sich über ihn aus und endlich verhärtete die ganze Ablagerung durch zeolithische Cämentirung zu einer festen Schicht.

Im vulkanischen Schlamm überwiegen die glasigen Bestandtheile, die meist von eckigem Umriss sind, oft Poren enthalten, und deren Herkunft aus basaltischem oder trachytischem Magma oft nur nach den dazwischen liegenden gröberen Bestandtheilen und vulkanischen

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 290.

2) Das. Taf. IV, Fig. 3.

Sanden beurtheilt werden kann. Wenn man also freie Krystalle von Plagioklas und Augit, theilweise von glasigen Hüllen umgeben, in Verbindung mit palagonitischen Lapillis und zersetztem Bimstein findet, so kann man schliessen, dass jene isolirten Krystalle dieselbe Entstehung und Herkunft haben. Ausser dem vulkanischen Glas beobachtet man in vulkanischen Ablagerungen: Basaltische Hornblende, Sanidin, Plagioklas, Olivin, Hypersthen, Bronzit, Augit und Quarz. Daneben findet sich: Magnetit, schwarzer Glimmer, Apatit, Epidot, Zirkon, Delessit, Analcim und Chabasit.

2. Der vulkanische Schlamm enthält oft eine beträchtliche Menge sandiger Bestandtheile, die uns überleiten zu dem vulkanischen Sand, der nahe der Küste und im Gebiet der Flachsee bis zu 900 m Tiefe das vorwiegende Sediment ist. Seine Korngrösse schwankt zwischen 0,5 und 5 mm, der Kalkgehalt beträgt 6–72%. Der Lösungsrückstand ist schwarz oder braun, und beträgt 28–96%, kieselige Skelette sind zu 1–3% darin enthalten.

25–80% bestehen aus eckigen oder runden Mineralkörnern mit einer mittleren Korngrösse von 0,34 mm. Am häufigsten sind Krystalle von Sanidin, Plagioklas, Augit, Hornblende, Hypersthen, Olivin und Magnetit. Die glasigen Lapilli sind oft in Palagonit verwandelt.

Basaltische Bruchstücke sind in den Tiefseeablagerungen ebenso häufig wie palagonitische Lapilli, aber ihre Bestimmung ist nicht immer so leicht, besonders wenn sie klein und zersetzt sind, da ihre Charaktere weniger markirt erscheinen als die des palagonitischen Materials.

Auch ihre Dimensionen sind dieselben und sie sind zahlreicher da, wo auch die palagonitischen Tuffe gedredgt wurden. Sie lassen sich erkennen an ihrem Gehalt an: Olivin, Plagioklas, Augit und Magnetit, mit oder ohne Glasmasse. Gewöhnlich sind sie feinkörnig, selten haben sie doleritische Struktur. Eine grosse Zahl ist schlackig und ihre Blasen sind erfüllt mit Zeolith, oder ausgekleidet mit Zeolithrinden. Oftmals kommen sie zusammen vor mit vulkanischen Aschen, in denen die mineralogischen Elemente des Basaltes überwiegen. Ihre Zersetzung ist weniger weit vorgeschritten als die der basischen Gläser, wahrscheinlich weil sie mehr krystallinische Elemente enthalten und dichter sind. Wenn sie aber eine glasige Basis besitzen, oder porös sind, scheint die Zersetzung ziemlich schnell von Aussen nach Innen vorzuschreiten.

Diese Zersetzung ergreift nicht nur die Basis, sondern verwandelt auch Olivin und Augit in secundäre Mineralien, während der Plagioklas ziemlich viel Widerstand leistet. Am meisten ist der Olivin zersetzt, so dass er oft nur an seinem Umriss erkannt werden kann.

Im Allgemeinen sind die Fragmente saurer Laven in den Sedimenten der Tiefsee seltener, mit Ausnahme der Bimsteine, welche leichter transportirt werden können. Gerade wie in gewissen Regionen des Pacifik die Lapilli basischer Gesteine häufig sind, so sind mit Ausnahme von Bimstein, die trachytischen und liparitischen Lapilli seltener. An bestimmten Stationen aber zeigt die Natur der Mineralkörner, die relative Häufigkeit von Sanidin und Hornblende, das gelegentliche Vorkommen von Quarz, und besonders Splitter von saurem

Glas an, dass daselbst am Meeresboden Eruptionen von trachytischen Aschen und Lapillis stattgefunden haben müssen.

Ungemein weit verbreitet findet man in Tiefseeablagerungen minimale glasige und mineralische Partikeln, welche man als vulkanische Asche zusammenfassen muss, ohne nähere Bestimmungen angeben zu können.

3. Im ¹⁾ Allgemeinen sind Bimsteine häufiger in Rothem Thon und Radiolarienschlick, als in Blauschlamm und Kalkschlick, ausgenommen in der Nähe von Vulkanen, aber sie fehlen in keinem Sediment vollständig.

Die meisten Exemplare, die man schwimmend an der Meeresoberfläche oder liegend am Boden findet, gehören zu den liparitischen Bimsteinen. Sie sind weisslich oder grau, gewöhnlich mit verlängerten Fasern; in frischem Zustand sind sie seidenglänzend, doch in vielen Fällen wurden sie von Aussen nach Innen in eine zerreibliche erdige Masse verwandelt, oder zu einer erdigen Masse mit schlammiger Consistenz. Wenn man Bruchstücke derselben u. d. M. untersucht, so erkennt man ein farbloses Glas mit zahlreichen geschlossenen, oft verlängerten Blasen, und mit wenigen ausgeschiedenen mineralogischen Elementen. Sie sind kieselsäurereich. Die ausgeschiedenen Krystalle sind Sanidin, Plagioklas, schwarzer Glimmer, Augit und Magnetit. Quarz ist sehr selten; bisweilen ist rhombisches Pyroxen vorhanden.

Eine zweite Art gehört der andesitischen Reihe an. Sie sind den ersteren sehr ähnlich, von grauer Farbe, aber der Kieselsäuregehalt beträgt nur 60 %, die ausgeschiedenen Mineralien sind: Augit Plagioklas und Magnetit, während Mikrolithe von Augit und Hornblende bisweilen in der Grundmasse zu erkennen sind.

Eine dritte Varietät ist der basaltische Bimstein, wohlbekannt von Hawai durch die Untersuchungen von COHEN²⁾. Er ist von gelber oder flaschengrüner Farbe, mit mehr rundlichen Poren. In dem dunkelgrünen durchsichtigen Glas erkennt man u. d. M. Olivin, Augit und Plagioklas, wenig oder keinen Magnetit, aber dunkle Mineralaggregate. Der Kieselsäuregehalt beträgt 50 %.

Kleine Bruchstücke dieser verschiedenen Varietäten von Bimstein finden sich in allen marinen Sedimenten, und in gewissen Gebieten besteht der grössere Theil eines Tiefseethones, oder der Lösungsrückstand eines Kalkschlickes aus kleinen Splintern und Bruchstückchen von Bimstein. Solche mikroskopischen Fragmente mögen herkommen von zerriebenen schwimmenden Bimsteinen oder von zersetzten Bimsteinen des Meeresgrundes, oder mögen als Aschenregen von festländischen oder marinen Eruptionen herrühren.

Im Allgemeinen muss man sagen, dass solche Mineralfragmente, welche zu unendlich kleinen Dimensionen verkleinert, und unregelmässig zerbröckelt sind, ihre unterscheidenden Merkmale verlieren. An Bimsteinfragmenten kann man die optischen Eigenschaften selbst dann noch prüfen, wenn sie kleiner als 0,005 mm werden, denn die zellige Struktur ist noch in den kleinsten Stäubchen zu erkennen.

1) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 202.

2) Neues Jahrb. für Min. 1888, S. 23.

Durch die Zerkleinerung der Bimsteine werden die Mineralien immer mehr isolirt, so dass es schwer wird, sie von vulkanischer Asche zu unterscheiden. Das Aschenmaterial vulkanischer Ausbrüche wird durch Wind- und Wasserströmungen gesondert: in die Mineralkörner und die glasigen Splitter, und deshalb überwiegen die letzteren bisweilen sehr über die ersteren.

4. In manchen Gebieten der Tiefsee sammelte die Challenger-Expedition zahlreiche Lapilli und steinartige Bruchstücke von festem, vulkanischem Glas, welches zwar in seiner Verbreitung ziemlich umgrenzt ist, aber nächst dem Bimsteine dennoch das wichtigste vulkanische Produkt der Tiefsee ist.

Während solche Gläser nur aus wenigen festländischen Vulkanen bekannt sind, erscheinen sie in Menge und in typischer Form unter den Produkten submariner Eruptionen, gerade als ob die Tiefen des Meeres irgendwie besonders günstig seien für die Entstehung dieses lithologischen Charakters.

Die Glasstücke variiren von der Grösse einer Wallnuss bis zu der einer Erbse, und verringern sich bis zu kleinsten, kaum erkennbaren Stückchen. In fast allen Fällen sind diese Stücke stark verändert, ihre ursprünglich glasige Substanz ist durch hydrochemische Kräfte in eine Art Palagonit verwandelt. Häufig bilden sie den Kern von Manganknollen und im Allgemeinen sind sie mehr oder weniger mit Manganrinden umgeben; bisweilen sind sie in den Sedimenten vereinzelt, bald vergesellschaftet mit Lapilli, Aschen und Zeolithkrystallen.

Sie sind am häufigsten in gewissen Rothen Thongebieten des Pacifik, doch findet man sie auch in allen übrigen Sedimenten. Ihre Form ist meist rund, elliptisch oder abgeplattet, doch sind sie bisweilen ganz unregelmässig. Die grösseren Stücke haben in der Regel einen glasigen Kern mit äusseren stark zersetzten Zonen, die kleineren Bruchstücke sind häufig ganz in Palagonit umgewandelt.

Wenn eines der grösseren Fragmente aus dem Centrum eines Manganknollens entnommen oder frei aus dem Sediment herausgelesen wird, findet man die Aussenfläche stets bedeckt mit einem harzfarbenen, gelben, grünen und röthlichbraunen Ueberzug. Auf einer frischen Bruchfläche sieht man das Innere als unverändertes Glas. Die Glasmasse ist kompakt oder schlackig und ähnelt in gewissen Sinne einen saurem vulkanischen Glas, wie Obsidian, aber der Bruch ist weniger muschelrig. Das Gestein zerbricht in kleine Splitter infolge einer latenten perlitischen Struktur und mikroskopischer Spalten, und oft bewirkt ein Stoss die Zerkrümelung der ganzen Masse. Die Bruchstücke sind dunkelgrün oder braun mit entschieden glasiger Beschaffenheit und harzigem Glanz, und vor dem Löthrohr schmelzen sie leicht zu einem dunklen Glas. Ihre Dichte wechselt von 2,8 zu 2,9, das grünlichgraue Pulver ist sehr magnetisch und zeigt stets die Reaction von Mangan. Ein scharfer Contrast besteht zwischen der Härte 5 der glasigen Kerne und der zersetzten Palagonitrinde, welche getrocknet die Härte 4 haben mag, aber in frischem Zustande sich wie junger Käse mit dem Messer schneiden lässt. Das gepulverte Glas wird von Säuren angegriffen und scheidet gelatinöse Kieselsäure ab, indem die Mineralkörner als Rückstand übrig bleiben. Diese letzteren sind selten

mit, blossem Auge zu sehen, und bestehen aus kleinen gelblichen Körnchen von Olivin, Augit und kleinen Plagioklaslamellen.

Die einzelnen Zersetzungsrrinden lassen sich oft scharf voneinander unterscheiden.

Während diese Glasstücke fast ausnahmslos eine Manganrinde zeigen, findet man in demselben Sediment Lapilli von Feldspathbasalt, von augitischem oder hornblendehaltigem Andesit, von Gneiss und Granit, entweder frei von jeden Ueberzug oder nur mit einer sehr dünnen Manganhülle.

Die Umwandlung des Basischen Glases in Palagonit kann im Dünnschliff u. d. M. leicht verfolgt werden.

5. Mit dem Namen: Palagonittuffe wurden durch SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN gewisse Tuffe von Island, Sizilien, Galapagos und anderen Lokalitäten bezeichnet, welche wesentlich aus Bruchstücken von basischem vulkanischem Glas bestanden. Nach PENK¹⁾ sind dieselben unter Wasser abgesetzt, und in gewissen Fällen mögen sie von submarinen Eruptionen herkommen. In manchen Regionen der Tiefsee wurden ganz dieselben Palagonittuffe entdeckt, welche vergesellschaftet waren mit ausgedehnten Absätzen von Manganperoxyd, und die häufig den Kern von Manganknollen bildeten.

Sie bestehen aus eckigen Bruchstücken, welche keine Spur der Abrollung zeigen und sind durch Zeolith cämentirt. Es ist bemerkenswerth, dass diese Zeolithmasse aus aufgewachsenen Zeolithkrystallen besteht, welche nicht frei entstanden wie die Phillipsite. Oftmals kommt es vor, dass der Palagonit vollkommen zersetzt wird, und die zerbröckelten Stückchen unter dem Sedimentmaterial gefunden werden, und zwischen denselben Bänder von Zeolith und ebensolche Körner liegen, welche vorher die Dampfporen in Form von Geoden ausfüllten.

Die hydrochemischen Veränderungen, welche die Zersetzung dieser Glas-Fragmente zu Palagonit und gleichzeitig die Bildung von Zeolith veranlassten, bedingten ebenso die Zersetzung der Lapilli zu einer eischüssigen thonigen Masse.

Es ist schwer ein Urtheil über das geologische Alter der Eruptionen dieser Tuffe abzugeben. Aber mit Rücksicht auf die grosse Aehnlichkeit zwischen ihnen und den tertiären Palagonittuffen, und ihre Verbindung mit tertiären Haifischzähnen am Grunde des Pacifik, ist es wahrscheinlich, dass sie in das Tertiär zurückreichen. Die Palagonittuffe kommen am verbreitetsten in pelagischen Ablagerungen vor.

6. Vulkanische Untiefen, und der Flachseegürtel um vulkanische Archipele sind ausgezeichnet durch ein reiches benthonisches Thierleben. Korallen und Muschelbänke siedeln sich hier leicht an, und verändern durch ihre Kalkreste den Charakter der Sedimente. In dem vulkanischen Schlamm der Javasee bildet sich eine grosse Zahl kleiner Korallenkolonien. Der ²⁾ Boden besteht zum Theil noch aus Schlamm, in dem *Holothuria squamifera*, *Marelia planulata* und schlammbewohnende Anneliden leben, dazwischen finden wir *Madrepora arbuscula* und *Porites mucronata* auf Bimsteinen aufsitzend, als erste

1) Zeitschr. Geol. Ges. 1879, S. 504.

2) SLUITER, Naturkundig Tijdschrift voor Nederl. Indie 1889, XLIX, S. 364.

Riffbildner. Dazu trifft man vielfach grosse Alcyonarien, die beim Absterben den Schlamm mit Kalkspiculis überstreuen; in ihnen leben *Ophiuren*, *Temnopleurus*, und andere Thiere, welche ebenfalls durch ihre Kalkreste das Sediment verändern.

An den Brothersinseln¹⁾ im Rothen Meer lagert Korallenkalk auf vulkanischer Grundlage.

Sehr mannichfaltig werden die lithogenetischen Verhältnisse auf den Hawaischen Inseln durch das Ineinandergreifen organischer und vulkanischer Ablagerungen, wie es A. AGASSIZ²⁾ beschrieben hat: der Eingang des Hafens von Honolulu ist weiter nichts, als ein durch einen Fluss offen gehaltener Kanal, dessen Wasser dem Korallenleben schädlich war. Der Fluss bringt grosse Mengen vulkanischen Materials nach dem Hafen, und lagert dort ausschliesslich einen dunklen vulkanischen Schlamm selbst noch in weiter Entfernung vom Koralleneingang ab. Mehrere andere Flüsse haben ähnliche Kanäle gebildet.

Statt der auf den Florida-Keys und den Tortugas so häufigen geschichteten Kalksandbänke, finden wir auf Oahu hauptsächlich einen massiven Korallensandstein.

Sehr charakteristisch für viele mit Korallenriffen gesäumte Vulkaninseln ist ein Puddingstein, bestehend aus grossen rundgeschliffenen Lavablöcken, die durch Korallenkalk verkittet sind. Oft findet man einen einzelnen Rollblock mitten im Korallenkalk, an anderen Orten überwiegen die Lavablöcke. Bei der Verkittung derselben durch kalkhaltiges Wasser und Kalksand, schlagen sich oft auch dünne Kalkrinden auf den Blöcken nieder, oder es bilden sich unregelmässige Kalkgänge in den Spalten der Lava.

Die Sandwichsinseln liegen im Gebiet der Passatwinde und besitzen daher eine niederschlagsreiche Küste und einen trockenen Küstenabfall. Hier ist das Korallenleben am reichsten entwickelt. Auf der Windseite sind dagegen Kalksanddünen häufig. Manche sind 7 m hoch.

Sehr lehrreich für den Facieswechsel auf Hawai sind die Ergebnisse von Brunnenbohrungen. Man fand bei Palace Yard:

24 m Korallenkalk
2 m Lava
80 m Korallen und Lava
Thon
Lava.

An einer zweiten Bohrung, 1 km weiter landeinwärts, zeigte das Profil:

10 m Lavagerölle
10 m Korallen
80 m Thon.

Ein dritter Brunnen ergab:

12 m Korallen
7 m weissen Sand
14 m gelben Sand

1) KLUNZINGER, Zeitschr. für Allg. Erdkunde. Berlin 1865, II, S. 350.

2) A. AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. XVII, No. 2, 1889, S. 145 f.

15 m	Lava
35 m	Korallen
30 m	Lava
20 m	Korallen
2 m	Thon
15 m	Korallen
10 m	Thon
30 m	Korallen
25 m	Thon mit Korallen
9 m	Thon
40 m	Lava.

Aus Tiefen von 80 m brachte man Holzstücke bei einer Bohrung mit herauf.

Wenn man von der Küste aus über das Riff hinwegfährt, so sieht man folgende Facies nebeneinander: Der Abfall des Hafenkanals ist durch eine steile Bank von weisslichem Schlamm gebildet. Auch das Riff, das 1 km und weniger breit ist, wird an der Küste mit Kalkschlamm bedeckt, zwischen dem man kleine Anhäufungen von Kalkalgen und abgestorbenem *Sargassum* bemerkt. Weiter nach aussen in 2—3 m Wassertiefe begegnen wir zahlreichen runden Flecken, bedeckt mit *Millepora* und einigen Stöcken von *Pocillopora*. Der Boden dazwischen wird belebt von *Echinometra* und *Diadema*. In tiefen Höhlungen ist die Rifffauuna reich entwickelt. So weit man bei ruhiger See beobachten kann, verschwinden die nun folgenden Kolonien von *Millepora*, *Pocillopora*, *Porites*, *Astraca*, *Gorgonia* in 18 m Tiefe vollständig.

Bei Diamond-Head wird das Gemisch von vulkanischem Sand und Korallensand durch die Wellen in wohlabgegrenzte oder in einander übergende indirekte Schichten sortirt.

Kalksand wird durch den Wind 80 m hoch über dem Seespiegel noch zu Kalkdünen und äolischem Kalkstein aufgehäuft.

7. Auf dem Litoral vulkanischer Inseln, begegnen wir fast regelmässig verschiedenen Mineralsanden. Der gemischte vulkanische Sand hält sich aber nicht lange, ohne von den Meereswellen chemisch und mechanisch aufbereitet und sortirt zu werden, so dass dann endlich nur ein einziges Mineral den Strand vorwiegend bedeckt, oder die verschiedenen schweren Mineralien voneinander getrennt zur Ablagerung kommen.

Schwarzer Magneteisensand ist an den meisten vulkanischen Küsten zu beobachten. Bei Portici bildet er ein ganzes Lager, an der Mündung des Volturno sind weit ausgedehnte Bänke von Eisensandschichten in vielfacher Wechsellagerung mit Feldspathsande zu beobachten.

Die Sedimente¹⁾, welche sich an der Küste von Java bilden, sind Korallenriffe und Sand, der durch regelmässige Lagen von Titaneisensand eine ausserordentlich feine Schichtung erhält. An vielen Stellen ist der Strandsand weiss und besteht fast nur aus Muscheltrümmern. An anderen Orten kommt dazu zerriebenes Material der Tuffschichten. Auf weiten Strecken aber fehlt der Korallensand ganz, und das Material der zerstörten Tuffschichten bildet den einzigen Bestandtheil des Strandsandes.

1) V. RICHTHOFEN, Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1862, S. 337.

Walther, Einleitung in die Geologie.

An¹⁾ der Punta de Bighudos auf S. Thiago wird ein sehr titanhaltiges Magneteisen von den Wellen ausgewaschen und am Strande zu einem dicken Eisenlager aufgehäuft. An²⁾ den Isole delle Perle fand die Expedition des VETTOR PISANI dieselben Eisensande in grosser Ausdehnung.

Sanidinsande sind an der Küste bei Ischia und Sorrento auf langen Uferstrecken das vorwiegende Sediment.

Olivinsand wird aus der Lava von Torre del Greco ausgewaschen und bildet oft mehr als die Hälfte des dortigen Litoralsandes. Am Strande sind die Olivinkörner durchsichtig und klar, während man in einiger Entfernung vom Ufer ein Sediment heraufbringt, welches aus Olivin besteht, der oberflächlich mit einer rostbraunen Rinde bedeckt ist.

8. Auf den Canaren beobachtete L. von BUCH³⁾ Oolithsand bei Confital, dann bei Teguize. Die runden Kalkkörner bestehen aus einem Kern von dunklem Basalt oder Trachyt, auch wohl einem Muschelfragment, das umgeben ist von Kalkrinden. Der Oolithsand bildet Dünen von 10–15 m Höhe, die zu einem Kalkstein verhärtet, in dem man Schalen von *Helix*, *Bulimus* und anderen Landthieren bemerkt.

9. Nach v. FRITSCH⁴⁾ verdankt die Capverdeninsel Sal ihren Namen den dort vorhandenen natürlichen Salzpflanzen. In einem alten Krater, der sich bei Springfluth mit Seewasser füllt, verdunstet das Wasser, und das abgeschiedene Salz wird nach Brasilien exportirt.

10. Die oben schon von den Sandwichinseln erwähnten äolischen Kalksande bilden hohe Dünen auf vielen vulkanischen Inseln. Der Isthmus von Jandia⁵⁾ auf Fuerteventura besteht aus losem Sand, grösstentheils Muscheltrümmern, in den man wie in tiefen Schnee einsinkt. Jeder Wind gestaltet die welligen Sandhügel anders.

Äolische Kalksande und Dünen finden sich auch auf Fernando Noronha⁶⁾, wo sie über 12 m mächtig werden.

Der festländische Theil der Vulkaninseln besteht aus den, von festländischen Vulkanen schon beschriebenen Ablagerungen; wir finden hier: 11. Laven als Decken, Ströme, Quellsuppen und Gänge.

12. Tuffe in vielfach geneigten oder horizontalen Schichten bald auf erster Lagerstätte, bald durch Erosion und Deflation umgearbeitet.

13. Quellablagerungen chemischer Natur.

14. Ablagerungen in Seen und Wasserbecken. So ist der kochende See auf Dominica⁷⁾ eine riesige, 40 m tiefe Solfatara. Das Wasser ist sehr heiss und grüngefärbt durch zersetztes Gestein und Schwefelschlamm. Am S. O. Ende befinden sich Gasexhalationen, welche das Wasser in brodelnder Bewegung halten.

1) DOELTER, Die Vulkane der Capverden, S. 45.

2) CHIERCHIA, Rivista Marittima. Roma 1885, S. 61.

3) L. v. BUCH, Die Canarischen Inseln, S. 259, 301.

4) v. FRITSCH, Allg. Geologie, S. 228.

5) v. FRITSCH, Petermanns Erg.-Heft XXII, S. 31.

6) BRANNER, Americ. Journal 1890, I, S. 247, 250, 317.

7) PRESTOE, Proc. Geogr. Soc. 1876, S. 230.

15. Treten Flugsande auf, begünstigt durch die oft sehr geringe Niederschlagsmenge. Auf den Capverden¹⁾ regnet es oft drei Jahre lang nicht, und so wird hier die Deflation zu einer wirkungsvollen Kraft.

16. Mit diesem Regenmangel hängt wohl auch die Häufigkeit von Guano²⁾ auf vulkanischen Inseln zusammen, während

17. auf Vulkaninseln, welche in einem feuchteren Klima liegen, die üppige Vegetation die Bildung von Humuslagern gestattet. Der vulkanische Boden³⁾ von Réunion ist von einer erstaunlichen Fruchtbarkeit. In einer Höhe von 1000 m wird die tropische Urwaldvegetation abgelöst durch ungeheuerer Farrenwiesen, noch höher beginnen wieder Wälder, und endlich findet sich eine niedrige Strauch- und Moosvegetation auf den höchsten Erhebungen.

18. Unter dem verwitternden Einfluss des Tropenklimas entsteht auch Laterit auf Vulkaninseln. Die Hügel bei Tabatteldil auf Palau bestehen aus Trachyt, der zu einem fetten rothbraunen Lehm verwittert ist. Dazwischen treten die nackten Klippen schwarzer Lavaströme hervor.

Wir dürfen zum Schlusse nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, wie seltsam die Fauna gerade der Vulkaninseln zusammengesetzt ist. Schon S. 171—176 haben wir die Mannichfaltigkeit der Fauna vulkanischer Archipele betont. Als die ersten Ansiedler nach Réunion kamen, weideten merkwürdige Seerinder (*Halicore cctacca*) am Ufer. Riesige Schildkröten tummelten sich am Strande. Die Ebenen wurden bevölkert von zahlreichen Dronten (*Didus ineptus*), welche die Grösse eines Schwanes besaßen, und die seitdem rasch ausgestorben sind. Von Säugethieren gab es nur Fledermäuse; Schlangen waren nicht vertreten.

Nach dem Gesagten ist der Faciesbezirk der Vulkaninseln durch die grösste Mannichfaltigkeit homologer Ablagerungen ausgezeichnet. Die Korallenriffe zeigten wohl einen markanten Facieswechsel an ihren Abhängen, aber ihr Gestein ist überwiegend Kalk. Dagegen finden wir auf Vulkaninseln eine solche Fülle verschiedenartiger lithogenetischer Bedingungen, dass die heterogensten Ablagerungen in rascher Wechselfolge neben- und übereinander entstehen.

1) CHALLENGER, Narrative I, S. 183.

2) BOUSSIGNAULT, Ref. Neues Jahrb. für Min. 1861, S. 206.

BRONN, Geschichte der Natur, III, S. 446.

3) KELLER, Natur und Volksleben der Insel Réunion 1888, S. 11—13.

26. Die Tiefsee.

Die Tiefsee ist der Boden des offenen Meeres, und steht als solcher nicht nur bionomisch, sondern auch lithogenetisch in vielen und engen Beziehungen zu den anderen Regionen des Oceans. Wir konnten den Lebensbezirk Tiefsee von der Flachsee durch den Mangel benthonischer Pflanzen charakterisiren, denn die Tiefsee gehört zur aphotischen Region — allein ein ähnliches Unterscheidungsmerkmal können wir an den Ablagerungen des Gebietes, an dem Faciesbezirk Tiefsee nicht nachweisen; selbst der Mangel terrigener Sedimente ist nicht ohne Ausnahme.

Leicht ist, es eine recente Tiefseeablagerung als solche zu erkennen, denn der Fundpunkt erleichtert uns die Diagnose. Aber wenn es sich um ein fossiles Sediment handelt, mehren sich die Schwierigkeiten, und nur eine sehr umsichtige Untersuchung kann zu einem endgiltigen Schlusse führen. Wir wollen daher auch hier das allgemeine Problem möglichst kritisch betrachten, ehe wir die recenten Tiefseefacies beschreiben; und zuerst die Quellen, dann den Ablagerungsort, darauf die Diagenese und endlich die allgemeinen Charaktere der abyssalen Ablagerungen besprechen.

Die Quellen der Tiefseeablagerungen sind sehr wechselnd, und wir können acht verschiedene Arten desselben unterscheiden.

I. Wenn¹⁾ auch der grösste Theil der Flusstrübe zu Boden fällt, sobald sich das Süsswasser mit dem Meere mischt, so scheint es dennoch, dass dieser Niederschlag rascher bei hoher als bei niedriger Temperatur erfolgt, und selbst in den salzhaltigsten und wärmsten Gewässern scheinen noch Spuren von festländischem Thon suspendirt zu sein. Eine Probe Seewasser vom Nordatlantik aus 51° N. Br. 31° W. L. enthielt in einem Kubikmeter 5,2 Gramm Thon, eine andere Probe aus dem Mittelmeer enthielt 6,6 Gramm.

Desshalb ist wohl auch die Vermuthung gerechtfertigt, dass ein Theil der von Organismen ausgeschiedenen Kieselsäure nicht nur der im Seewasser gelösten Kieselsäure entnommen ist. Bemerkenswerth scheint es unter diesen Umständen, dass die Diatomeen am zahlreichsten und am kräftigsten werden, wo niedrige Temperatur, geringer Salzgehalt und Flusstrübe zusammentreffen.

Es wird also eine kleine Menge Thon selbst nach den mittleren Regionen der grossen Meeresbecken gebracht. Aber da, wie wir noch

1) MURRAY & RENARD, *Chall. Deep Sea Dep.*, S. 287.

sehen werden, am Boden der Tiefsee vulkanisches Material zu Thon zersetzt wird, so lässt es sich nicht genauer bestimmen, wie viel Thonsubstanz als terrigen betrachtet werden darf.

II. Grösser ist die Menge terrigenen Materials am Boden der Meerestheile, welche von schwimmenden Eisbergen erreicht werden; denn alles erratische Gestein fällt beim Schmelzen derselben in die Tiefe. Man¹⁾ hat allerdings erratisches Material in der Tiefsee auch noch ausserhalb der gegenwärtigen Treibeisgrenze beobachtet, allein die diluviale Verbreitung der Eisberge muss doch auch aus anderen Gründen weiter gezogen werden. Die Verbreitung der Eisberge ist bekanntlich nur von dem Verlauf der kalten Meeresströmungen abhängig; infolgedessen finden wir sie im Allgemeinen (s. S. 79) auf der Westhälfte eines normalen Oceans, weiter nach dem Aequator vordringend, wie auf der Osthälfte. Grosse Blöcke von Syenit, Diabas, Basalt, Bruchstücke von Gneis, Glimmerschiefer, Quarzit und dolomitischem Kalk findet man zwischen Halifax und den Bermudas. Am 7. Mai wurde ein Syenitblock von 222 kg aus 2450 m heraufgebracht.

Zwischen den Bermudas und den Azoren fand sich glimmerhaltiger Sandstein- und Glimmerschiefer. Dem gegenüber ist die Thatsache bemerkenswerth, dass die Norwegische Expedition²⁾ zwischen Skandinavien und Grönland keine gröberen erratischen Blöcke fand. Der grösste Stein in den untersuchten Grundproben wog 12 g.

Zwischen³⁾ den Azoren und Frankreich fand der Talisman im Globigerinenschlick trilobitenhaltige Gesteine, und 1400 km von der europäischen Küste noch gekritzte Geschiebe.

Auf der südlichen Halbkugel fand der Challenger zwischen Tristan da Cunha und dem Capland gerundete und eckige Bruchstücke von Quarz, Orthoklas, Hornblende, Turmalin und Augit, bis 1 mm gross.

Zwischen Heard Isl. und Melbourne fand man in 3063 m mancherlei Felsarten, die theilweise ausgezeichnete Spuren des Eistransportes trugen. Der aus dem Schlamm herausragende Theil war mit einer Kruste von Manganperoxyd überzogen.

Die Ablagerungen längs der antarktischen Eisgrenze (Blauschlamm) gleichen in mancher Hinsicht den Sedimenten, die man in ähnlichen Tiefen an der atlantischen Küste von Britisch-Nordamerika gefunden hatte. Ein Gneisblock aus 3565 m wog über 20 kg. Manchmal mag terrigenes Material auch durch das Wurzelgeflecht von Treibholz, oder im Magen von Seehunden weit von der Küste verschleppt werden.

Die Verbreitung terrigenen Materials ist gering an steilen Küsten tropischer und subtropischer Länder; sie ist beträchtlicher an der Mündung grosser Flüsse, an den Küsten von Wüstenländern, und in abgeschlossenen Nebenmeeren. Am weitesten aber ist sie in dem Gebiet derjenigen Strömungen, welche vom Polarmeere aus Eisberge nach dem Aequator zu führen.

III. Eine dritte Quelle der Tiefseeabsätze sind festländische Pflanzen. Es ist eine seltsame Thatsache, dass benthonische Meerespflanzen, selbst wenn sie in der diaphanen Region der Flachsee reich

1) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Deposits, S. 322.

2) SCHMELK, Den Norske Nordhavs Expedition, IX, Chemi, S. 67.

3) PETERMANN'S Mitth., XXX, S. 69.

entfaltet sind, doch in der benachbarten Tiefsee nicht zur Ablagerung gelangen; selbst das Pseudoplankton des *Sargassum* häuft sich nicht am Meeresboden an. Der Atlantikboden unter der Sargassosee ist ¹⁾ mit feinem Bimsteinschlamm bedeckt.

Der Grund hierfür liegt in den Lufträumen, welche das Gewebe dieser Pflanzen enthält, und die dieselben nach dem Tod an die Meeresoberfläche bringen, wo die Algen und Seegräser passiv flottiren, bis sie ans Ufer geworfen werden oder ganz verwest sind. Kalkalgen andererseits finden sich nur in der Umgebung von Korallenriffen bis 3600 m tief zwischen Tiefseesedimenten in Bruchstücken.

Wenn wir also absehen von den noch zu besprechenden Planktonpflanzen, so gelangen Meerespflanzen selten in die Tiefsee, und eine Folge davon ist die meist helle, lebhaft e Farbe der dort aufgelagerten Sedimente. Nur die Reste von Landpflanzen können einen bemerkenswerthen Antheil an den Tiefseeablagerungen nehmen, wenn auch nur an gewissen Stellen.

Beim ²⁾ Dredgen auf der Leeseite der Caraibischen Inseln fand der Blake grosse Mengen von vegetabilischer Substanz, vermischt mit terrigenem Material. Es war nicht selten, dass man 20 bis 30 km vom Land, und über 1800 m tief, Massen von Blättern, Bambusstücken, Zuckerrohr, Landschnecken u. s. w. heraufbrachte. Der Inhalt manchen Netzzuges würde einen Paläontologen in Verlegenheit gesetzt haben, denn zwischen den Tiefseeformen von Krebsen, Anneliden, Fischen, Echinodermen Spongien; und den Mango- und Orangeblättern, Bambusstengeln und Landschnecken, wäre es schwer zu entscheiden, ob eine Tiefsee- oder Landablagerung vorläge. Im fossilen Zustand würde man dieses Gemenge für die Ablagerung eines seichten Aestuarium umringt von Wäldern, gehalten haben, während es aus über 2000 m Tiefe stammte.

Viel ³⁾ zahlreicher waren derartige Beimengungen auf dem vom Albatros untersuchten Gebiet zwischen Californien, Mexiko und den Galapagos. Hier wurde kaum ein Netzzug gethan, ohne dass eine Menge Holz, mehr oder weniger frische Zweige, Blätter, Samen und Früchte in allen Stadien der Verwesung mit dem Globigerinenschlick aus Tiefen von 2000—3000 m heraufkamen.

IV. Auch kosmischer Staub wird in Tiefseeablagerungen gefunden. Bekanntlich fällt meteorischer Staub ⁴⁾ allenthalben auf die Erde herab. Zwischen ⁵⁾ den Keelingsinseln und Australien fiel 1858 ein Staubregen, der zum Theil aus kleinen, glänzenden hohlen Eisenkügelchen bestand.

Beim Durchtritt durch die irdische Atmosphäre umgeben sich meteorische Massen mit einer dünnen Schmelzrinde, die sie nach MURRAY dem Seewasser gegenüber sehr widerstandsfähig macht. Daher können sie am Meeresgrunde unzersetzt liegen bleiben.

1) PETERMANN'S Mitth., XXX, S. 69.

2) AGASSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 291.

3) AGASSIZ, Bull. Mus. Comp. Zool. XXIII, 1, II, S. 12.

4) NORDENSKJOELD, Poggend. Ann., CII, 1874, S. 154.

5) EHRENBURG, Zeitschr. f. Allg. Erdkunde 1858, S. 264.

Wenn¹⁾ man aus einem marinen Sediment mit Hilfe eines Magneten die metallischen Bestandtheile herausliest, und unter dem Mikroskop betrachtet, so sieht man die meisten aus krystallisirtem Magnetit bestehen. Dazwischen aber findet man kleine magnetische Körnchen, welche keine krystallinischen Umrisse zeigen; zuerst schwarze Kügelchen mit oder ohne metallischen Kern, sodann braune Kügelchen von krystallinischer Struktur.

Die schwarzen Magnetkügelchen werden selten grösser als 0,2 mm. Ihre Oberfläche ist von einem dünnen glänzenden Ueberzug bedeckt. Bisweilen hängen zwei Kügelchen zusammen. Im Innern befindet sich ein metallisch glänzender Kern von metallischem Eisen oder von Schreibersit ($\text{Ni}_2\text{Fe}_3\text{P}$). Spuren von Kobalt und Nickel wurden darin gefunden. Nach diesen und anderen Charakteren darf man sie wohl zu den holosideritischen kosmischen Gebilden rechnen.

Braune Kügelchen, ganz von den Charakteren chondritischer Meteoriten, und von 0,2 bis 1 mm Durchmesser, bestehen aus monoklinen Lamellen, und zeigen eine bronzene Farbe mit metallischem Glanz.

Solche kosmische Staubtheile wurden in grosser Häufigkeit im Rothen Thon des mittleren und südlichen Pacifik gefunden, an Stellen, grösster Entfernung vom Festlande. Obwohl man sie in allen Sedimenten findet, so sind sie am zahlreichsten da, wo die Sedimentation am langsamsten erfolgt.

V. Betheiligen sich vulkanische Sedimente an der Bildung von Tiefseeablagerungen. Wir haben schon früher auf die weite Verbreitung des vulkanischen Sandes und des Bimsteins in allen marinen Sedimenten hingewiesen. Bimstein und lockere Asche werden fern von allen Vulkanen den Ablagerungen beigemischt, und indem sie durch das Seewasser chemisch zersetzt werden, entsteht ein feiner Thon, der allen marinen Sedimenten beigemischt ist. Der Thongehalt kann sich relativ steigern durch die Auflösung der kalkigen organischen Reste, und so leiten alle Uebergänge von dem Globigerinenschlick bis zu dem kalkfreien Rothen Thon der Tiefsee.

Alle Tiefseethone enthalten eine grosse Zahl von glasigen oder mineralischen Theilchen, und deshalb schmelzen sie vor dem Löthrohr leicht zu einer schwarzen Perle. Die amorphe Masse, welche man in diesen Absätzen beobachtet, wird als Thonsubstanz betrachtet; sie besitzt sehr unbestimmte Eigenschaften, ähnelt einer Leimsubstanz, hat keine bestimmte Form, ist vollkommen isotrop, gewöhnlich farblos und bildet eine gelatinöse Masse, welche die anderen Körperchen verbindet und zusammenhält. Bei solchen unbestimmten physikalischen Charakteren wird es sehr schwierig, selbst nur annähernd die Menge amorpher Thonsubstanz in einer Grundprobe zu schätzen. Selbst eine sehr geringe Menge dieser schleimigen Substanz mag einem kalkigen oder kieselligen Sediment einen thonigen Charakter geben, besonders dann, wenn die Mineralpartikelchen desselben von geringer Grösse sind.

Als „Fine Washing“ oder Thongehalt, nimmt dieser, aus einem untrennbaren Gemisch von kleinsten Mineralkörnchen und amorphen

1) MURRAY & RENARD, *Chall. Deep Sea Deposits*, S. 327.

Thonflöckchen bestehende, Material einen beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Tiefseesedimente

In Rothen Thon	findet man	80—95 %	Thongehalt
„ Radiolarienschlick	„ „	17—67	„ „
„ Diatomeenschlick	„ „	13—28	„ „
„ Globigerinenschlick	„ „	10—48	„ „
„ Pterpodenschlick	„ „	Spuren—42	„ „
„ Blauschlamm	„ „	16—97	„ „
„ Rothschlamm	„ „	28—68	„ „
„ Grünschlamm	„ „	24—48	„ „
„ Grünsand	„ „	12	„ „
„ Vulkanischem Schlamm	„ „	15—60	„ „
„ Vulkanischem Sand	„ „	2—19	„ „
„ Korallenschlamm	„ „	8—21	„ „
„ Korallensand	„ „	4	„ „

VI. Die wichtigste Rolle, nächst dem Thon, spielen aber die Reste von Planktonorganismen. Das offene Meer, das Reich der pelagischen Flora und Fauna, das in den Lebensbezirken des Meeres eine so hervorragende Rolle einnimmt, das in seiner Planktonflora eine unversiegbare Nahrungsquelle für alle anderen Lebensbezirke bietet, ist kein Faciesbezirk im lithogenetischen Sinne. Wohl beherbergt das offene Meer eine Fülle schwebender und treibender Organismen, aber es hat als solches keine Grenzen und keinen Boden. Die pelagischen Organismen können im Litoral, in der Flachsee, in Ästuarien, in Archipelen und in der Tiefsee zur Ablagerung kommen, aber niemals im bodenlosen Lebensbezirk des offenen Meeres. Denn solange sie im Wasser desselben schweben, sind sie ruhelos, werden sie von jeder Strömung, jeder Welle bewegt, können sie sich nicht definitiv anhäufen und ablagern. Da nun eine Ablagerung folgerichtig nur nach dem Bezirk benannt werden darf wo sie zur Auflagerung, zum Absatz gelangt, nicht nach dem Ort, wo das Sedimentmaterial entsteht, so können wir von „pelagischen Sedimenten“ eigentlich nicht sprechen, denn die Reste pelagischer Thiere und Pflanzen werden nicht im offenen Meere, sondern am Litoral, in der Flachsee oder in der Tiefsee abgelagert.

Von den früher (S. 139—143) aufgezählten Planktonpflanzen haben folgende ein grösseres Interesse für die Tiefseeabsätze:

als Kalkbildner: die Calcoocyteen

als Kieselbildner: die Diatomeen.

Die Calcoocyteen¹⁾ fehlen, oder sind selten in den durch Flusswasser erreichten Küstenregionen.

In den Polarmeeren finden sich pelagische Algen, die keine besonderen Kalkgebilde ausscheiden. *Rhabdosphaera* ist am meisten verbreitet in den äquatorialen und tropischen Zonen. Obwohl *Coccosphaera* den warmen Gebieten nicht fehlt, so erreicht sie doch ihre Maximalverbreitung in den gemässigten Zonen.

1) WALLICH, Annales Mag. Natural History, 3 Ser., VIII, S. 53.

O. SCHMIDT, das., 4. S., X, S. 359.

O. SCHMIDT, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Wien 1870, II, S. 669.

V. GUÉMBEL, Geologie von Bayern, I, S. 57.

MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 257.

Zwischen Sydney und Neuseeland bildeten Coecolithen 20% des Sedimentes in 750 m.

Die Diatomeen¹⁾ finden sich fast in allen marinen Sedimenten. Doch fehlen sie vollkommen in manchen Pteropoden- und Globigerinenschlicks und Korallenschlammten. Auch im eigentlichen Tiefseethon sind sie überaus selten, oder fehlen überhaupt.

Von den Planktonthieren sind verbreitet:

als Kalkbildner: Foraminiferen
Pteropoden
Ostrakoden

als Kieselbildner: Radiolarien.

Nächst dem rothen Tiefseethon ist in der Tiefsee der Foraminiferenreiche Globigerinenschlick am weitesten verbreitet. Nahe der Küste und im Polarmeere wird ihre Menge verdeckt durch die terrigenen Beimengungen, aber am Boden des offenen Meeres, nach dem nur geringe Spuren festländischer Sedimente gelangen, überwiegen die Schalen der pelagischen Foraminiferen so sehr, dass man nach ihnen das ganze Sediment benennen muss. Sie sind häufig von 360–5400 m in allen wärmeren Regionen. Nach der Küste zu ist ihre Seltenheit nur scheinbar, denn dort werden relativ viel mehr klastische Ablagerungen gebildet, und andererseits ist ihr Mangel in den Absätzen der grössten Meerestiefen ein nachträglich, durch die Lösung aller Kalkreste, entstandener. Am häufigsten ist *Globigerina*, dann *Orbulina* und *Pulvinulina*.

Die Pteropodenschalen sind häufig in manchen tropischen Sedimenten in geringeren Tiefen. In den Polarmeen fehlen sie, in grösseren Tiefen werden sie ebenso wie die Foraminiferen aufgelöst.

Von Ostracoden sind *Krithe producta*, und 3 Arten von *Cythere* in allen Tiefseesedimenten beobachtet worden.

Die Radiolarien sind im offenen Meere überall verbreitet, doch werden die Skelette der Acantharien leicht zerstört und finden sich nicht in den Sedimenten. Auch die Phacodarien sind relativ selten. Nur die Spumellarien und Nasselarien sind sedimentbildend. Sie finden sich in terrigenen Ablagerungen zu 2–3%, und nur am Boden der grössten Oceanbecken besteht das Sediment aus 10–70% Radiolarienskeletten (vergl. S. 233).

VII. Auch die Rest von Nektonthieren betheiligen sich natürlich an der Bildung von Tiefseecablagerungen. Von Cephalopoden scheinen die Kiefer ziemlich häufig zu sein, denn gelegentlich findet man sie sogar in der Grundprobe der Lothröhre, und wenn eine grössere Menge von Tiefseeschlick geschlämmt wird, kann man sie oft im Rückstand beobachten.

Im Verhältniss zu der ungeheuren Zahl von Fischen, die alle Theile des Oceans bewohnen, sind ihre Reste in Tiefseecablagen überaus spärlich. Der Challenger fand einmal bei Japan in 3428 m zwei Fischwirbel, und zwei andere Male eine Scapula und einen Wirbel. Dagegen sind Otolithen häufig, und die Zähne von Selachiern findet man an manchen Stellen der Tiefsee zahlreich. Allerdings ist hier von denselben nur der Schmelz erhalten, während das Vasodentin und das

1) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 282.

Cäment verschwunden ist. Diese Zähne gehören zu *Oxyrhina*, *Lamna*, *Carcharodon*, vielleicht auch zu *Corax*, *Otodus*, *Tetradon*, *Galrus*, *Hemipristis*. An Station 285 fand der Challenger in 4343 m über 1500 grössere Zähne neben unzähligen kleineren Zahnresten. Der grösste Carcharodonzahn war 83 mm breit und 64 mm lang.

Zusammen mit den erwähnten Haifischzähnen fanden sich auch Walknochen, und zwar hauptsächlich die *Bulla tympanica*, seltener andere Theile von *Ziphius cavirostris*, *Mesoplodon*, *Delphinus*, *Globiocephalus*, *Balaenoptera antarctica* und *B. rostrata*.

VIII. Die Reste von benthonischen Thieren des Tiefseebodens sind naturgemäss häufig in Tiefseeablagerungen. Foraminiferen, Spongien, Korallen, Alcyonarien, Anneliden, Krebse, Echinodermen, Bryozoen, Brachiopoden, Gastropoden und Muscheln, sie alle nehmen Theil an der Bildung derjenigen Ablagerungen auf denen sie leben. Sie liefern Kalk- und Kieselsäure, Phosphate und organische Verbindungen, die wir in den Absätzen der Tiefsee nachzuweisen im Stande sind. Nur benthonische Meerespflanzen fehlen, wie schon früher erwähnt in der Tiefsee.

Betrachten wir jetzt den Ablagerungsort der eigentlichen Tiefseeabsätze, so ist es bemerkenswerth, dass dieselben oft dicht am Rand der Festländer gefunden werden. In der Regel schiebt sich zwar zwischen Festland und Tiefsee ein breiter Gürtel von Litoral- und Flachseeablagerungen. Aber diese Zone, die in den kälteren Meeren ziemlich breit ist, verschmälert sich nach dem Aequator zu immer mehr, und ist innerhalb der Wendekreise so schmal, dass oftmals der kalkarme Tiefseethon ganz nahe an das Litoral herantritt. Südlich von Java ist sogar der Radiolarienschlick ungemein küstennahe. Tiefseeablagerungen¹⁾ bilden sich gegenwärtig oft nahe an der Küste, besonders in vulkanischen Regionen. Längs der ganzen Küste des Atlantik von Bahama bis St. Thomas ist die Continentallinie 30 km von der 3600 m Linie entfernt. Desshalb darf man nicht schliessen, dass eine küstennahe Ablagerung nothwendig auch eine Seichtwasserbildung sein müsse. Gegenüber dem raschen Facieswechsel, welcher für die Regionen der Flachsee bezeichnend ist, zeichnen sich alle recenten Tiefseeabsätze durch grosse Verbreitungsgebiete und sehr allmälige Faciesübergänge aus. Wenn wir die Umgebung der Archipele ausnehmen, ist der Boden der Tiefsee auf unermessliche Strecken mit gleichartigen, oder nur wenig wechselnden Ablagerungen bedeckt. Das ganze Gebiet des Pacific ist von Rother Tiefseethon eingenommen, welchem inselgleich einige kalkreichere Geiete von Globigerinenschlick und Radiolarienschlick eingefügt erscheinen. Andererseits ist der Atlantik mit vorwiegend kalkreichen Globigerinenschlick bedeckt, und nur einzelne grössere Tiefen zeigen Ueergänge in kalkarmen Tiefseethon. Selbst wenn wir erwägen, dass die Flachsee relativ besser untersucht ist, so fällt doch die weite Verbreitung der Tiefseeablagerungen gegenüber dem raschen Facieswechsel in der Flachsee jedem Beobachter auf. Es besteht in dieser Hinsicht eine merkwürdige Homologie in den bionomischen und den thogenetischen Verhältnissen. Die Flachsee zeigt eine rasch wechselnde Fauna und Flora, und einen

1) AGASSIZ, Blake I, S. 143.

häufigen Wechsel der Bodenbeschaffenheit; die Fauna der Tiefsee ist kosmopolitisch über die ganze Erde verbreitet, ebenso wie ihre Ablagerungen auf unermessliche Strecken nur sehr geringen Veränderungen unterworfen sind.

Die geringe Veränderlichkeit der physikalischen Umstände der Tiefsee findet auch ihren Ausdruck in der häufig beobachteten Diagenese der Tiefseeablagerungen. Das Wasser der Tiefsee steht unter einem hohen Druck, es ist fast unbewegt, und die Bildung der Tiefseesedimente erfolgt so ungemein langsam, dass das Seewasser viel Zeit hat, um die Sedimente zu verändern.

Eine der ersten Folgen dieser Umstände ist die Lösung aller Kalkreste durch das Seewasser:

Die ¹⁾ lösende Thätigkeit des Seewassers wird belegt durch die Pteropodenschalen, welche in allen Stadien des Zerfalls und der Lösung ein wichtiges Element der tieferen Ablagerungen des Golfes von Mexiko sind.

Das ²⁾ allmähliche Verschwinden des kohlensauren Kalkes in Tiefseeablagerungen wird am besten durch eine Tabelle erläutert, welche 231 Grundproben nach Tiefen von je 500 Faden (= 914 m) folgendermassen angeordnet:

Zahl der Grundproben.	Tiefe in Faden.	Kalkgehalt in %.
14	1—500	86,04
7	500—1000	66,86
24	1000—1500	70,87
42	1500—2000	69,55
68	2000—2500	46,73
65	2500—3000	17,36
8	3000—3500	0,88
2	3500—4000	0,00

Die kristallographische Struktur des Kalkes als Calcit oder Aragonit spielt dabei keine Rolle, denn alle Reste verschwinden mit zunehmender Tiefe.

Es bedarf keiner näheren Begründung, dass das „marine Grundwasser“ am Boden der Tiefsee eine ganz besonders wichtige Rolle spielt, und dass in der obersten Sedimentschicht die Beschaffenheit des Seewassers so wesentlich verändert wird, dass aus demselben überall chemische Niederschläge erfolgen. Diese Niederschläge bilden an manchen Stellen ein Cäment und bewirken eine Verhärtung der Absätze. Unter 54° N. Br. und 158° W. L. fand die Tuscarora ³⁾ in 6207 m harten Grund.

Zwischen ⁴⁾ 900 und 2200 m fand der Albatros im Gebiet des Golfstromes oft zähen kompakten Thon, der so erhärtet war, dass grosse eckige Stücke, oft über 25 kg schwer im Netz heraufgebracht wurden. Mit dem Messer geschnitten, haben sie die Consistenz von Seife, und zeigen Flecke von dunkelgrüner, oliven- oder blaugrüner Farbe. Sie bestehen aus reinem Thon, gemischt mit etwas Sand, und

1) AGASSIZ, Blake I, 147. Anm.

2) MURRAY & RENARD, Deep Sea Deposits, S. 279.

3) BOGUSLAWSKY, Verh. d. Ver. für Erdkunde. Berlin 1875, II, S. 83.

4) VERILL, Americ. Journal 1884, II, S. 379.

Annalen für Hydrographie 1885, S. 622.

mikroskopischen Körnern von Quarz, Feldspath, Glimmer, sowie einigen Foraminiferenschalen.

Auch die Bildung von neuen Mineralien gehört unter dieselben Vorgänge:

Das wasserhaltige Silikat Phillipsit¹⁾ findet sich in freien Kristallen in rein pelagischem Material, vergesellschaftet mit dem Material recenten vulkanischer Ausbrüche.

Phillipsit findet sich am meisten in Rothem Thon, seltener in Radiolarienschlick und nur ausnahmsweise in Globigerinenschlick. Der Challenger fand ihn im Pacifikbecken von den Sandwichinseln bis Juan Fernandez, die Egeria im mittleren Indik. Zusammen mit ihm findet man basische, vulkanische Glassplitter und Lapilli, und die Vermuthung liegt nahe, dass er aus deren Zersetzung hervorgegangen ist.

Noch häufiger sind in Tiefseeablagerungen Concretionen, die sich in dem ruhigen Wasser langsam und ungestört bilden konnten:

An²⁾ der Südküste von Neuengland wurden bis 30 kg schwere Concretionen in 1170 m Tiefe gedregt, bestehend aus Kieselkörnchen, durch Kalk verkittet.

Das Vorkommen von Baryumconcretionen haben wir schon S. 699 erwähnt.

Am häufigsten sind aber Manganconcretionen in den Tiefsee.

Manganhydrate³⁾ in Verbindung mit Eisenhydraten gehören zu den am meisten verbreiteten Stoffen in marinen Sedimenten, sind aber besonders häufig in den Regionen der Tiefsee. An gewissen Stellen sind sie besonders angelhäuft in Gestalt von Körnern und Knollen. Sie finden sich im Atlantik 767 m bis 5211 m tief, im südlichen Indik und Antarktischen Ocean 2926 m bis 4754 m tief, im Pacifik 767 m bis 8183 m. Aehnliche Manganknollen wurden durch BUCHANAN im Loch Fyne bei Glasgow 190 m tief gefunden. Vergl. S. 700.

Am ausgedehntesten sind ihre Verbreitungsgebiete im Pacifik und Indik, wo gelegentlich ein einziger Netzzug mehrere hundert Knollen zu Tage förderte. Im Atlantik dagegen findet man sie meist auf engerem Raum und in der Nähe vulkanischer Inseln.

Die Form der Manganconcretionen ist grossem Wechsel unterworfen. Bisweilen bedecken sie feste Tuffmassen, Felsstücke, Sedimente, Korallenäste oder andere Hartgebilde; an anderen Stellen, in seichtem Wasser am Abhang vulkanischer Inseln erhielt man nur Bruchstücke ungeheuer grosser Concretionen. Die überwiegende Mehrzahl aber sind ründliche Massen von 1—15 cm Durchmesser. Die zusammen gefundenen Concretionen haben viel Uebereinstimmendes, und unterscheiden sich von den Funden anderer Lokalitäten, so dass man bei einiger Uebung aus der Form den Fundort bestimmen kann.

In vielen Fällen hängt die äussere Form von der Gestalt des Kernes ab, doch giebt es Ausnahmen, besonders wenn sie aus mehreren Einzelknollen zusammengewachsen sind. Die Oberfläche ist bedeckt mit allerlei Rauigkeiten und Warzen, welche auf der im Sediment steckenden unteren Seite gewöhnlich mehr hervortreten. Bisweilen

1) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 400.

2) AGARSIZ, Three Cruises of the Blake, I, S. 273.

3) CHALLENGER, Deep Sea Deposits, S. 341.

kann man keinen Kern erkennen, und solche Knollen sind nach Innen zu besonders dunkelfarbig, sonst ist gewöhnlich ein Kern von Carbonaten, Phosphaten oder Silikaten vorhanden.

Bimstein und glasige Lapilli bilden am häufigsten den Kern, dann folgen Knochen und Zähne von Fischen und Walen.

Concentrische Schaaen sind entweder durch verschiedene Färbung markirt, oder die ganze Knolle besteht aus umeinander gelegten Rinden.

Wechselnd wie das mikroskopische Bild auf dem Querschliff ist auch die chemische Beschaffenheit:

Glühverlust: 4,7—24,8.

Löslich in Salzsäure:

SiO ₂	:	2,3—36,3	Ca ₃ 2PO ₄	:	Spuren—2,6
Al ₂ O ₃	:	0,3— 9,5	MgCO ₃	:	0,6 —4,9
Fe ₂ O ₃	:	5,8—45,0	CuNiCo	:	Spuren—0,25
MnO ₂	:	1,9— 63,0			
CaCO ₃	:	0,9—11,5			
CaSO ₄	:	Spuren— 2,6			

Unlöslich in Salzsäure:

SiO ₂	:	1,3—18,4
Al ₂ O ₃	:	0,3— 4,7
Fe ₂ O ₃	:	0,6— 3,4
CaO	:	0,2— 2,6
MgO	:	0,1— 0,7

Zahlreiche Analysen zeigen, dass wir es mit einem wasserhaltigen Manganoxyd zu thun haben, gemischt mit wechselnden Mengen von Limonit, Thon und anderen erdigen oder sandigen Substanzen.

Nach MURRAY entstanden die Manganknollen hauptsächlich aus der Zersetzung der mehr basischen vulkanischen Gesteine und Mineralien, mit denen sie fast immer in Tiefseesedimenten zusammen auftreten. Die Mangan- und Eisentheile dieser Gesteine und Mineralien wurden zuerst in Carbonate übergeführt, darauf in Oxyde, welche bei ihrer Ausscheidung aus der Lösung in dem wässerigen Schlick, eine concretionäre Form um Fremdkörper herum annahmen.

Ihre Bildung muss überaus langsam erfolgen, und entspricht den im Allgemeinen langsam sich vollziehenden Vorgängen der Sedimentation am Boden der Tiefsee.

Die Geschwindigkeit der Bildung von Tiefseeabsätzen wird in der Regel sehr überschätzt. EHRENBURG¹⁾ hat meines Wissens zum ersten Male das Bild eines Schneefalles dafür angewandt, und dieses Bild hat der Annahme Vorschub geleistet, dass in einem Jahr z. B. ebensoviel Globigerinenschlick am Meeresboden gebildet würde, wie Schnee in der gemässigten Zone. Zwar sagt EHRENBURG dort: „Giebt es aber eigenthümliche Lebensformen in der Tiefe, so ist daran festzuhalten, dass jede alleinige Vergleichung mit einem Schneefalle, eine in Irrthum führende ist“, aber das poetische Bild war mächtiger als diese Einschränkung und hat die Ansichten vielfach beherrscht.

Gegenüber der relativ raschen Ablagerung von Litoral- und Flachseesedimenten, werden die Tiefseeabsätze in sehr langsamen Tempo ge-

1) EHRENBURG, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Berlin 1857, S. 568.

bildet. Unter gewissen Voraussetzungen können wir, wenn nicht die absolute, so doch die relative Geschwindigkeit oceanischer Ablagerungen berechnen.

Wir nehmen an, dass in der ostaustralischen Korallensee, zwischen Sydney, Neuhebriden und Neuguinea, überall die Ablagerung von pelagischen Foraminiferen und von pelagischem Thon mit derselben Geschwindigkeit erfolgt. Der Challenger hat in diesem Gebiet folgende Lothungen gemacht:

		Station Nr.				
163 A.	185	184	183	182	181	180
		Tiefe in Metern:				
Port Jakson	246 m	2560 m	3108 m	4160 m	4462 m	4480 m
		Sediment:				
Blau-Sand	Kor.-Sand	Glob.-Schl.	Glob.-Schl.	Glob.-Schl.	R. Thon	R. Thon
		Kalkgehalt:				
42 %	87 %	53 %	54 %	50 %	32—6 %	1 %
		unlöslich in HCl:				
58 %	13 %	47 %	46 %	50 %	68—94 %	99 %
		Thongehalt:				
—	3 %	43 %	42 %	46 %	92 %	96 %
		Globiger.-Gehalt:				
1 %	40 %	40 %	50 %	40 %	28—5 %	1 %

Wenn wir jetzt Nr. 183 als normalen Globigerinenschlick betrachten, und mit MURRAY annehmen, dass der geringe Kalkgehalt der Proben 182, 181 und 180 durch Auflösung von pelagischen Foraminiferen, die dem Thon in gleichen Verhältniss wie in 183 beigemischt waren, entstanden ist; wenn wir andererseits annehmen, dass in der Küstenzone von 163 A der Absatz von Globigerinen in demselben Masstab erfolgt wie in 183, so erhalten wir folgende Werthe: Während auf Station 163 A in der Zeiteinheit 1000 mm Blausand gebildet werden, entstehen bei 183 gleichzeitig nur 20 mm Globigerinenschlick und bei 180 nur 9 mm Rother Thon.

Obwohl jede derartige Berechnung immer fehlerhaft bleibt, so lehrt sie doch, dass die Ablagerungen der Tiefsee unverhältnissmässig viel langsamer erfolgen, wie die gleichzeitigen Absätze der Flachsee.

Aber die genannte Lothreihe ist auch noch von einem anderen Gesichtspunkt aus lehrreich. Nr. 163 A und 180 enthalten beide 1 % Globigerinenschaalen. Aber in Nr. 163 A entsteht dieses Verhältniss dadurch, dass 100 mal mehr Blausand abgelagert wird, während der geringe Kalkgehalt von 180 dadurch entstand, dass 49 % Kalk nachträglich gelöst wurde. Das endgiltige Verhältniss der einzelnen Bestandtheile einer Tiefseeablagung entspricht also nicht dem Verhältniss in dem die Bestandtheile gebildet und abgelagert wurden, sondern es entsteht durch chemische Veränderung, durch Auslese, nachträglich. Besonders mit Rücksicht auf den Kalkgehalt von Tiefseeablagungen, müssen wir immer bedenken, dass die Menge des gebildeten Kalkes keineswegs der Menge des bleibenden Kalkes entspricht, und dass der Kalkgehalt einer Flachseeablagung mit dem eines abyssalen Sedimentes direkt nicht verglichen werden darf.

Im ¹⁾ Golfstromgebiet ist die Abwesenheit thoniger Substanzen von 110—270 m bemerkenswerth. Mit der Tiefe wächst der Thongehalt aber bedeutend, und beträgt in 730 m 10%, in 2370 39% der Gesamtmasse.

Dieses Verhältniss entsteht aber nicht dadurch, dass mit zunehmender Tiefe mehr Thon gebildet wird, sondern es entspricht der intensiven Auflösung des dort vorhandenen organischen Kalkes.

Nach dem Vorgang von MURRAY und anderen Autoren ²⁾ unterscheiden wir 6 verschiedene Tiefseeablagerungen: Globigerinenschlick, Bilokulinenschlick, Pteropodenschlick, Diatomeenschlick, Radiolarienschlick und Rothen Tiefseethon. Da wir die vulkanischen und Korallenarchipele besonders behandeln, so scheiden wir die dort gebildeten abyssalen Sedimente hierbei aus.

Auf den lithologischen Meeresbodenkarten von MURRAY, AGASSIZ, SCHMELK, ROHRBACH u. a. werden diese verschiedenen Sedimente nicht nur mit verschiedenen Farben ausgeschieden, sondern sie werden meist durch scharfe Grenzen voneinander getrennt. Und durch diese scharfen Grenzen wird die Meinung erweckt, als ob die abyssalen Sedimente einen deutlichen Facieswechsel erkennen liessen. Dagegen müssen wir besonders betonen, dass jene Faciesgrenzen nur eine technische Erleichterung der dargestellten Verhältnisse sind, dass in der Natur ein Tiefseesediment ganz allmähig in das benachbarte übergeht. Nur in der Umgebung der Archipele beobachtet man einen rascheren Facieswechsel, und deshalb haben wir diese auch besonders geschildert.

1. Der Globigerinenschlick wurde im Atlantik 1853 durch BERRYMAN zuerst gefunden, und von EHRENBURG und BAILEY beschrieben. Wenn man alle Sedimente, welche 10% Globigerinen enthalten, als Globigerinenschlick bezeichnen wollte, so würde er das verbreitetste Sediment der Erde sein.

MURRAY beschränkt den Namen auf 30% und mehr Kalkgehalt, vornehmlich zusammengesetzt aus den Schalen von pelagischen Foraminiferen.

Die Farbe des Globigerinenschlickes ist weiss, gelblich, röthlich, braun oder grau, je nach der Natur der beigemengten Substanzen. Bisweilen sieht er scheckig aus durch den Gehalt an Mangankörnern, vulkanischer Asche, Lapilli und Bimstein. Er ist feinkörnig und homogen. In tropischen Breiten kann man viele Foraminiferen mit blossem Auge sehen; im trockenen Zustand stäubt er gewöhnlich, doch in manchen Proben ist er zusammenhängender. Er findet sich in

1) AGASSIZ, Blake I, S. 274.

2) EHRENBURG, Sitzungsber. Acad. d. Wissensch. Berlin 1847, S. 56.

MURRAY, Proc. Roy. Soc. 1868, No. 107.

WALLICH, das. 1869, No. 121.

GWYN JEFFREYS & CARPENTER, das. Bd. XXV, No. 173.

V. GUEMBEL, Neues Jahrbuch für Min. 1870, S. 753.

TOULA, Mitth. d. Geogr. Ges. Wien 1875, S. 40.

MURRAY, Americ. Journal 1876, S. 255.

MURRAY, Proc. Roy. Soc. Edinburgh 1876/77, XXIV.

PAUL, Jahrb. k. Geol. Reichsanstalt. Wien 1878, S. 435.

MURRAY & RENARD, Neues Jahrb. für Min. 1886, S. 228, 232.

VERRIL, Ann. Nat. Hist. 1885, Ref. Neues Jahrbuch für Min. 1887, I, S. 127, und die im Text citirten Abhandlungen.

typischer Ausbildung von 732 m bis 5348 m. Der Challenger fand ihm am häufigsten in 2700 m bis 4500 m. Obwohl die Hauptmasse aus den Schalen von Foraminiferen besteht, so nehmen an der Zusammensetzung doch auch pelagische Algen und Mollusken, benthonische Foraminiferen, Mollusken, Echinodermen, Anneliden, Korallen, Bryozoen theil.

Der Kalkgehalt schwankt zwischen 30 % und 97 %, der grösste Kalkgehalt findet sich in geringen Tiefen. Daran betheiligten sich planktonische Foraminiferen mit 25—80 %, nehmen aber den grössten Antheil an der Bildung. Nach den Angaben MURRAYs sind es folgende, im MUELLERSchen Netz an der Meeresoberfläche gefundene Arten:

<i>Globigerina sacculifera</i> Br.	<i>Hastigerina pelagica</i> d'Orb.
— <i>aequilateralis</i> Br.	<i>Pullenia obliquiloculata</i> P. J.
— <i>conglobata</i> Br.	<i>Sphacroidina dichiscens</i> P. J.
— <i>dubius</i> Egger.	<i>Candeina nitida</i> d'Orb.
— <i>rubra</i> d'Orb.	<i>Cymbalopora bulloides</i> d'Orb.
— <i>bulloides</i> d'Orb.	<i>Pulvinulina menardii</i> d'Orb.
— <i>inflata</i> d'Orb.	— <i>tumida</i> Br.
— <i>digitata</i> Br.	— <i>canariensis</i> d'Orb.
— <i>cretacea</i> d'Orb.	— <i>micheliniana</i> d'Orb.
— <i>Dudertrei</i> Br.	— <i>crassa</i> d'Orb.

Orbulina universa d'Orb.

Andere organische Reste betheiligen sich mit 1—32 % an dem Kalkgehalt.

Nach Behandlung mit Salzsäure bleibt ein meist brauner, seltener rother, chokoladfarbener rothbrauner, röthlicher, hellbrauner, schwarzer, grauer oder grüner Rückstand übrig.

Derselbe besteht aus 1—10 % kieselligen Skeletten von Radiolarien, Spongien, Diatomeen, Sandforaminiferen, und 1—50 % mineralischen Beimengungen.

In den reinsten Proben von Globigerinenschlick sind nur wenige Bruchstücke von Feldspath, Augit oder Hornblende, Magnetit, vulkanischem Glas, Thon, Eisenoxyd oder Manganoxyd enthalten; seltener sind Quarz, Glimmer, Sanidin, Olivin, Glaukonit, Palagonit, Enstatit, Bronzit, Pyroxen, Granat, Aktinolith, Turmalin, Zirkon, Mikroklin, Serpentin, Phillipsit und Manganknollen.

Mit zunehmender Tiefe vermehrt sich der feinvertheilte Gehalt kleinster Kalkstäubchen, welche in 1—65 % vorhanden sind, während umgekehrt mit zunehmender Tiefe die Grösse und Häufigkeit der mineralischen Gemengtheile abnimmt.

Thierisches Leben ist auf Globigerinenschlick reicher, als auf Tiefseethon und Radiolarienschlick.

Oftmals ist dem Globigerinenschlick ein Gehalt an Rothem Thon beigemengt.

Das Hauptverbreitungsgebiet des Globigerinenschlickes ist der Atlantik, dessen Fläche wesentlich von ihm bedeckt wird. In den anderen Ozeanen ist er ebenfalls weitverbreitet, doch fällt seine Verbreitung mit der des wärmeren Seewassers zusammen, und der Golfstrom bringt ihn weit hinein in das nördliche Eismeer.

Pulvinulina menardii fehlt im Globigerinenschlick zwischen Bermudas, Azoren und Madeira. Südlich davon findet sie sich häufig.

Den Gehalt an festländischen Pflanzen im Globigerinenschlick des östlichen Pacifik und des Caribischen Meeres haben wir schon S. 954 erwähnt.

Unter 19° S. Br. und 177° Oe. L. fand der Challenger im Globigerinenschlick in 2468 m zum Theil verkohlte Baumstämme. Unter 12° S. Br. und 145° Oe. L. in 2560 m Nüsse von Cocos.

Der Albatros¹⁾ fand im Gebiet des Golfstromes in Tiefen von 3600—5500 m keinen Rothen Thon, dagegen überall echten Globigerinenschlick.

2. Zwischen²⁾ Norwegen und Spitzbergen besteht der Meeresboden in 700—900 m Tiefe aus einem braunen Thon, der allmählig übergeht in ein *Biloculina*-reiches Sediment, das sich bis in über 3600 m Tiefe findet. Der *Biloculina*-schlick variirt von hellbraun bis dunkelbraun und zeichnet sich durch einen oft bedeutenden Gehalt an Foraminiferen aus. Freilich lässt sich der Foraminiferengehalt desselben mit dem des atlantischen Globigerinenschlickes nicht vergleichen, denn gewöhnlich kommen nur 2 *Biloculina* auf 1 □ cm Schlamm. Der Kalkgehalt beträgt demgemäss 6—55%. Ausser *Biloculina* finden wir darin *Globigerina*, *Lituola*, *Nonionina* und sandige Foraminiferen. Die kiesigen Reste von Thieren sind nicht besonders häufig. Dagegen besteht ein grosser Theil des Sedimentes aus feinen Quarzsplittern, zwischen denen etwas grössere gerundete Theilchen liegen. Bimstein ist selten darin, dagegen sind schwarzzindige Concretionen nicht selten, die aus der Zersetzung von Bimstein hervorgegangen sein mögen. Der braune *Biloculina*-schlick bildet eine relativ dünne Oberflächenschicht, die in geringeren Tiefen als dünne Decke auf grauem Thon liegt, während ihre Mächtigkeit nach der Tiefe zu allmählig zunimmt, so dass dort das Loth nur ein Sediment heraufbrachte. An gewissen Lokaltäten scheint durch sekundäre indirekte Schichtung (s. S. 632) eine Scheidung in eine obere feine braune Thonschicht ohne Kalkschalen, und eine untere foraminiferenreiche poröse Schicht eingetreten zu sein.

3. Obwohl Pteropoden im Plankton aller tropischen und subtropischen Meere häufig sind, so finden sich doch ihre Schalen und der Pteropodenschlick nur in den Absätzen geringerer Tiefen. Die Schalen von *Limacina*, *Peraclis*, *Cuvierina*, *Chio*, *Cavolinia* (und von *Carinaria*, *Atlanta*, *Oxygyrus*) mengen sich den Absätzen der Tiefsee bei, und sobald ihre Zahl eine erhebliche ist, so spricht man von Pteropodenschlick.

Er findet sich von 712 m bis 2788 m. Der Kalkgehalt schwankt zwischen 52% und 98%, darunter können bis 30% Pteropodenschalen sein, während 47% pelagische, 3% benthonische Foraminiferen, und 28% andere Kalkreste beigemischt erscheinen.

Der Lösungsrückstand nach Behandlung mit Salzsäure beträgt gegen 20%. Kieselige Reste finden sich in 1 bis 20%.

1) Annalen für Hydrographie 1885, S. 622.

2) SCHMELK, Den Norske Nordhavs Exp., IX, S. 49.

Vom Globigerinenschlick, dem der Pteropodenschlick sonst sehr ähnelt, unterscheidet er sich, nächst dem Gehalt an Pteropoden, durch die geringeren Mengen des unlöslichen Rückstandes und durch die starke Betheiligung anderer kalkabscheidender Organismen.

Pteropodenschlick und Globigerinenschlick vertreten sich oft. So findet sich südlich der Breite ¹⁾ von Charleston heller Pteropodenschlick, nördlich aber dunkelgrüner Globigerinenschlick.

Pteropodenschlick wurde vom Challenger nur im Atlantik gefunden. Am typischsten wurde er auf der mittleren Bodenschwelle gefunden, welche das Meer zwischen Brasilien und Afrika theilt, wo die Tiefe nicht 2560 m überschritt. Hier bedeckt er etwa 15 Mill. □ km. Wenn der Challenger ähnliche Bodenschwellen fern vom Land im tropischen Pacifik entdeckt hätte, so würden sie wahrscheinlich ebenfalls mit Pteropodenschlick bedeckt gewesen sein. Näher am Land wird die Zahl der Pteropodenschalen in der Regel durch die Menge anderen Materials so verhüllt, dass man das Sediment nicht Pteropodenschlick nennen darf. Nur auf einzelnen oceanischen Archipeln z. B. den Antillen, Azoren und Fidjiinseln findet sich auch Pteropodenschlick. Im Polarmeer fehlen kalkschaalige Pteropoden, deshalb kann sich dort das Sediment nicht bilden.

4. Alle Meere enthalten planktonische Diatomeen, und fast überall werden ihre Kieselpanzer den Ablagerungen beigemengt.

An der Westküste von Schottland beobachtete MURRAY ²⁾, dass, wenn nach dem Wintersolstitium die Sonne nordwärts wandert und die Oberfläche der See wieder erwärmt wird, eine immense Entwicklung von Diatomeen und anderen pelagischen Algen direkt an der Meeresoberfläche beginnt. Zwischen Ende Januar und Anfang Mai bildeten sich ungeheuer schwimmende Diatomeenbänke an der Küste. Mit zunehmender Wärme sinken die Algen unter, und verbreiten sich über die ganze Masse des offenen Wassers, indem sie Plankton-, Benthos- und Nektonthieren Nahrung bieten.

In den meisten Tiefseeablagerungen kann man sie finden, allerdings hat man in gewissen Globigerinenschlick, Pteropodenschlick und Korallenschlamm vergeblich nach ihnen gesucht, während man sie in terrigenen Schlammen besonders nahe der Mündung grosser Flüsse häufig in grosser Menge antrifft.

Die Kieselpanzer der Diatomeen werden nach dem Tode der Pflanzen ziemlich leicht zerstört. Zarte Chaetocerotiden hat man noch nie in einem Sediment beobachtet. *Coscinodiscus* und *Rhizosolenia* werden leicht zerfallen, und finden sich nur in Bruchstücken am Meeresboden. In dem typischen Diatomeenschlick fand man in einer Grundprobe 48 Arten, und die Diatomeenpanzer bildeten 50 % des ganzen Sedimentes.

Der ³⁾ frische Diatomeenschlick ist gelb, strohgelb oder sahnenfarbig, getrocknet erscheint er weiss und wie Mehl. Dem Lande nahe kann er durch schlammige Verunreinigungen bläulich werden. Die oberflächlichen Schichten sind dünnflüssig, die tieferen dichter und

1) BARTLETT, Annalen für Hydrogr. 1882, S. 654.

2) MURRAY, Scottish Geogr. Mag. 1888, July, S. 11.

3) MURRAY & RENARD, Chall. Deep Sea Dep., S. 208 f.

zusammenhängender, und zerbrechen in geschichtete Lagen wie die tieferen Schichten des Radiolarienschlickes. Er ist weich und nachgiebig im trockenen Zustand, haftet am Finger wie feines Mehl und in vieler Hinsicht gleicht er den reinen Proben von Süßwassertripel. Kleine Proben erscheinen ganz homogen und gleichförmig, aber in allen Grundproben wurden Mineral- und Gesteinsbruchstücke gefunden, und beim Reiben zwischen den Fingern kann man sandige Körner leicht erkennen.

In Salzsäure löst sich 3–30 %, und besteht aus pelagischen oder benthonischen Foraminiferen, Mollusken, Bryozoen, Echinodermen, Ostrakoden, Fischotolithen und Cephalopodenschnäbeln.

Der Diatomeenschlick findet sich im Südlichen Eismeer weit verbreitet, ausserdem an einer kleinen Stelle nordöstlich von Japan, und zwar von 1097 m bis 3611 m.

Die Hauptmasse besteht aus toten Schalen von Diatomeen, zusammen mit Radiolarien und Spongiennadeln; und der Kieselgehalt beträgt 20–90 %.

Der Kalkgehalt beträgt 2–36 %, bestehend vornehmlich aus toten Schalen pelagischer Foraminiferen. Im Gebiet der antarktischen Eisberge kann der Gehalt an Mineralbestandtheilen auf 25 % steigen.

Viele Thiere leben auf dem Diatomeenschlick, so dass aus einer Tiefe von 3565 m durch einen Netzzug 150 Thiere in 68 Gattungen und 77 Arten heraufgebracht wurden.

Im Diatomeenschlick finden sich besonders folgende Gattungen:

Navicula
Synedra
Asteromphalus
Coscinodiscus.

Die letztere Gattung findet sich in über 20 Species.

Die antarktische Zone des Diatomeenschlicks liegt zwischen dem Polarkreis und 40° S. Br.

5. Der Radiolarienschlick¹⁾ ist auf die grossen Tiefen des Oceans beschränkt, jedoch findet er sich durchschnittlich in noch grösseren Tiefen als der Rothe Thon. Im Allgemeinen ist der Radiolariengehalt der einzige Unterschied zwischen beiden Sedimenten. Seine Farbe ist roth, chokolatbraun, oder gelegentlich strohfarben; er ist weniger plastisch als der Tiefseethon. Peroxyde von Mangan und Eisen sind überall darin vertheilt, desgleichen Bruchstücke von Bimstein, Angit, Feldspath, Hornblende, Magnetit, Palagonit, Chondrit und andere kosmische Kügelchen.

Manganknollen und palagonitische Fragmente sind in gewissen Proben sehr häufig, ebenso Haifischzähne. Mit Rücksicht auf die Organismen, welche das Sediment bewohnen, bestehen zwischen Radiolarienschlick und Tiefseethon keinerlei Unterschiede.

Unter 11° N. Br. und 143 Oestl. L. wurde in 8000 m Radiolarienschlick gefunden, in welchen die Lothröhre 3 Zoll hineinsank. Die oberen Schichten waren roth, und enthielten mehr Manganperoxyd als die unteren, welche von blassgelber oder strohgelber Farbe waren und in dieser Hinsicht sehr dem Diatomeenschlick des Antarktik ähnelten. Der obere Theil hatte im frischen Zustand einen sehr kompakten wohl-

1) CHALLENGER, Deep Sea Dep., S. 203 f.

geschichteten Charakter. Die Schichten konnten leicht mit dem Finger gelöst werden, jedoch war es schwierig, die verschiedenen Bestandtheile durch Schütteln im Wasser voneinander zu trennen. Radiolarien, Diatomeen und Spongiennadeln schienen in den unteren Schichten häufiger zu sein. Das Sediment brauste etwas bei Behandlung mit Salzsäure und n. d. M. wurden die Reste pelagischer Foraminiferen nebst zwei Exemplaren von *Haplophragmium globigeriniforme* gefunden.

Die sehr häufigen Mineralbestandtheile sind eckige oder gerundete Bruchstücke von vulkanischem Glas in verschiedenen Stadien der Zersetzung und von rothgrüner oder gelber Farbe; sie sind glänzend und von muscheligen Bruch; einige sind blasenreich und die Poren sind mit prismatischem Zeolith erfüllt. Daneben finden sich zersetzte Stücke von vulkanischem Glas, grauschwarze Lapilli von Andesit und farblose Splitter von Bimstein. Sodann erkennt man Fragmente von Plagioklas eingehüllt in eine Glasmasse, Krystalle von Augit, Körner von Magnetit, und einige wenige kosmische Kügelchen von Chondrit und Eisen.

Thonige Beimengungen sind in dieser Probe von Radiolarienschlick nicht vorhanden, dagegen sieht man eine grosse Zahl kleiner Stückchen, entstanden aus verhärtetem Sediment. Diese Stückchen haben eine unregelmässige Form und scheinen durch Kieselösungen cämentirt zu sein. Ausserdem fanden sich darin kleine rhomboedrische in Salzsäure lösliche Krystalle, die vielleicht Calcit oder Dolomit darstellen. 338 Arten von Radiolarien aus der Gruppe der Nassellarien und Spumellarien waren darin enthalten. Etwa 80% des Sedimentes bestand aus Kieselskeletten. Vergl. S. 231—244.

Diesem typischen Radiolarienschlick stehen ärmere Radiolariansedimente gegenüber, und von MURRAY wurden Rothe Thone bis zu 20% Radiolariengehalt mit dem Namen Radiolarienschlick bezeichnet. Es scheint, dass die Radiolarienpanzer nach dem Tode der Thiere durch das Seewasser langsam aufgelöst werden, denn oftmals sind Skelette und Kieselnadeln nur noch in Spuren vorhanden. Nach angestellten Versuchen wurden von typischem Radiolarienschlick in heisser 2% Lösung von Kalicarbonat innerhalb 30 Stunden 12,84% Kieselmasse gelöst, allein der Gehalt an thonigen Beimengungen macht dieses Resultat nicht ganz einwurfsfrei.

Radiolarienschlick mit 20% und mehr Kieselskeletten fand sich von 4297 m bis 8183 m. Die mittlere Tiefe, in denen er vorkommt, ist 300 m tiefer als die des Rothen Thones. Der Kalkgehalt schwankt von Spuren bis zu 20% (in 4662 m) und rührt her von pelagischen und benthonischen Foraminiferen, seltener von Fischzähnen, Otolithen, Ostrakoden, Echinodermen, Gastropoden und Coccolithen.

Nach Behandlung mit Salzsäure bleibt ein rother oder rothbrauner Rückstand, zumeist bestehend aus Radiolarien, aber auch aus Diatomeen, Schwammnadeln und sandigen Foraminiferen. Dieser Kieselgehalt beträgt 80—100%. Die Mineralbestandtheile machen 1—5% aus.

Im Allgemeinen ist die chemische Zusammensetzung grossen Schwankungen unterworfen. Die in Salzsäure lösliche Kieselsäure beträgt bis zu 46,5%, und da die Kieselmasse der Radiolarien, Diatomeen und Spongien zwischen gekreuzten Nikols als amorphe Kieselsäure erkannt wird, so ist es wahrscheinlich, dass ein grosser Theil derselben leicht gelöst werden kann.

Bemerkenswerth ist es, dass der Radiolarienschlick im Pacifik und Indik weit verbreitet gefunden wurde, während er im Atlantik fehlt.

6. Das verbreitetste Sediment der Tiefsee ist der Rothe Thon. Er findet sich von 4099—7223 m.

Der Name Rother Thon bezeichnet die beiden vornehmsten Eigenschaften des Sedimentes. Zwar ist der Thongehalt ebenso wie die rothe Farbe grossen Variationen unterworfen, aber stets ist wasserhaltiges Thonerdesilikat vorhanden, und giebt dem Sediment eine mehr oder minder thonige Konsistenz, und roth ist die vorwiegende Farbe.

Im Nordatlantik und einigen anderen Regionen ist die Farbe ziegelroth, indem Eisenperoxyd beigemischt ist, welches oft die kleinen Mineralpartikelchen mit einem rothen Ueberzug bedeckt. Im Südpazifik und im Indik erhält der rothe Thon eine dunkle Chokolatfarbe durch seinen Gehalt an feinen runden Manganperoxydkörnchen. Bisweilen kommt es vor, dass das Sediment mehr blaulich als roth gefärbt erscheint; das ist der Fall, wenn es von einem Gebiet stammt, welches nahe einem Kontinent liegt, und wo grosse Flüsse ihr Detritusmaterial in das Meer hinein tragen; hier tritt dann Eisensulphid und Bitumen auf, und das Sediment zeigt Uebergänge zum blauen Kontinental-schlamm.

Wenn der Kalkgehalt auf 20 oder 25% steigt, erhält der Tiefseethon eine graue Farbe durch seinen Gehalt an Foraminiferenschalen, obschon nach Behandlung mit Säure ein rother Thon übrig bleibt.

Die oberste Schicht des Tiefseethones ist dünnflüssig, wässrig und ist oft heller gefärbt als die tieferen, dichtereren Lagen. Bisweilen kam es vor, dass die Löthröhre fast $\frac{1}{2}$ m tief in das Sediment eindrang, und in solchen Fällen war das untere Ende mit einem sehr zähen, harten, kompakten Thon erfüllt. Gelegentlich fand sich dann eine grosse Verschiedenheit in Farbe und chemischer Zusammensetzung zwischen den verschiedenen Schichten, — welche gewöhnlich abhing von dem grösseren und geringeren Kalkgehalt. Im Nord-Pacifik war die oberflächliche Lage gewöhnlich dunkler, als die tieferen Schichten, aber in anderen Regionen war Solches nicht der Fall. An einigen Stellen fand man ein buntscheckiges Sediment, indem einzelne Flecken von gelber Farbe in dem rothen Thon vertheilt waren. Eine fleckige Beschaffenheit entsteht auch dann, wenn grosse Mengen kleiner Manganknollen und Bimsteinstücke und zersetzte vulkanische Fragmente darin enthalten waren.

Der Rothe Thon ist weich, plastisch und fühlt sich fettig an; er kann wie ein Teig in jede Form zwischen den Fingern geknetet werden. Wie alle Thone, welche Eisen enthalten, wird er durch Erhitzen röther; trocken klebt er an der Zunge und bedarf grosser Hitze, um ganz wasserfrei zu werden. Getrocknet schrumpft er zu einer harten kompakten Masse ein, die nur mit dem Hammer oder einem anderen harten Instrument zerkleinert werden kann. Wenn man aber die eingetrocknete Substanz in Wasser legt, so zerfällt sie langsam wie gewöhnlicher Thon. Vor dem Löthrohr schmilzt er zu einer schwarzen, oft magnetischen Perle, und ähnelt in diesem Zustand der unter dem Namen „felspathic mud“ bekannten Thonvarietät; diese Eigenschaft mag bedingt sein, durch den stets nachweisbaren wechselnden Gehalt an minimalen vulkanischen Mineralkörnchen.

In der grossen Mehrzahl der Fälle erscheint der Rothe Thon dem blossen Auge homogen und fühlt sich glatt und seifig an, aber nicht selten kann man zahlreiche Körnchen von Manganperoxyd, Zeolithkrystalle, Bimsteinfragmente wenn nicht mit dem blossen Auge, so doch leicht an der sandigen Beschaffenheit zwischen den Fingern erkennen. Und obwohl er in der Regel in kleinen Mengen homogen erscheint, so lassen doch grössere Massen von Rothem Thon einen durchaus verschiedenartigen Charakter erkennen; ja selbst wenn die Grundmasse homogen erscheint, so sind doch z. B. im Südpazifik Tausende von Haifischzähnen, Walknochen, grosse und kleine Bimsteinbrocken und anderes vulkanisches Material in das Sediment eingebettet, zusammen mit Manganknollen, welche um diese Reste ausgeschieden worden sind, oder welche andere Kerne besitzen. In allen Rothem Thongebieten zeigte die Dredge das gelegentliche Vorkommen von den einen oder anderen Fremdkörpern in beträchtlicher Menge, und auf Station 281 im Pacific zwischen Tahiti und Valparaiso fanden sich dünne Schichten echter vulkanischer Asche.

Die Grundsubstanz des Rothens Thons ist wasserhaltiges Thonerdesilikat ($2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$) zusammengesetzt aus farblosen Partikeln ohne krystallinischen Umriss oder Spuren mechanischer Einwirkung, die sich unter gekreuzten Nikols isotrop verhalten. Wie alle gewöhnlichen Thone aber ist er unrein durch Beimengung fremder Substanzen, und niemals beträgt der Gehalt an wasserhaltigem Thonerdesilikat, selbst in den reinsten Proben, mehr als die Hälfte des Sedimentes, gewöhnlich aber viel weniger. Es ist wohlbekannt, dass ein reiner Thon nur dann entsteht, wenn er umgelagert worden ist; in situ bildet sich niemals reiner Thon, er enthält stets Beimengungen von verschiedenen Mineralien oder von Zersetzungsprodukten der umgewandelten Gesteine, aus denen er entstand.

Wenn man eine Probe Rothens Thones aus den grössten Meeres-tiefen mit Salzsäure behandelt, erkennt man, dass der Kalkgehalt nur 1–2% beträgt; in geringeren Tiefen jedoch kann derselbe zu 20% ansteigen. Derselbe stammt von den Resten pelagischer Foraminiferen (*Globigrina*, *Pukinulina*, *Sphacroidina*, *Pullenia*), mit wenigen Coccolithen oder Rhabdolithen. Seltener sind benthonische Foraminiferen, wie *Miliolina* und *Textularia*, oder Reste von Echinodermen, Mollusken, Fischen und Cephalopoden. Sehr selten, wenn es überhaupt vorkommt, findet man Pteropoden, Heteropoden oder Coccosphären. Die Reste pelagischer Organismen mit Kiesel-schalen sind in Rothem Thongebieten weitverbreitet, doch gelegentlich fehlen sie den Sedimenten dieser Region auch vollständig. Im tropischen Pacific und Indik geht der Rothe Thon durch Ueberhandnehmen von Radiolarienskeletten in Radiolarienschlick über, im Südpolarmeer in Diatomeenschlick, an anderen Gebieten in Globigerinenschlick oder Blauschlamm über. In fast allen Rothem Thonproben fanden sich selten oder häufig Schwammnadeln. Der mittlere Gehalt an Kiesel-skeletten beträgt 2,4%.

Nach den Untersuchungen des Challenger scheint Leben überall über den Meeresboden verbreitet zu sein, aber weniger reich auf den Gebieten des Rothens Thons als auf anderen Sedimenten, und seinen Nullpunkt zu erreichen in den grössten Tiefen weit vom Lande entfernt. Aber selbst in den grössten Tiefen findet man die Reste von

sandigen Foraminiferen und Anneliden, während Fische und Vertreter fast aller wirbellosen Gruppen in Rothen Thongebieten gedredgt worden sind und ihre Reste, wenn auch spärlich, angetroffen werden.

Ausser dem geringen Gehalt an organischem Kalk ist am konstantesten und weitesten verbreitet der Gehalt an Bimsteinfragmenten von saurem oder basischem, vulkanischem Magma. Gerundete und eckige Stücke derselben wurden in grosser Zahl aus allen Tiefen gedredgt und nahezu in allen Regionen, und zwar von Kopfgrösse bis hinunter zu den kleinsten Körnchen. Sie fanden sich in allen Stadien der Zersetzung; manche waren kaum angegriffen, andere waren mit Verwitterungsrinden umgeben oder waren so zersetzt, dass die zellige Struktur des Bimsteins nur mit Mühe erkannt werden konnte; das war besonders der Fall, wenn die Stücke mit einer Rinde von Manganoxyd umgeben waren oder den Kern von Manganknollen bildeten.

Alle Mineralien, die man gewöhnlich in Bimsteinen findet, konnten im Rothen Thon nachgewiesen werden, so Sanidin, Plagioklas, Augit, Hornblende, Magnetit etc., und diese zusammen mit Glassplittern und Bimsteinstückchen sind universell verbreitet. Auch Palagonit ist weitverbreitet und ebenso zahlreiche Bruchstücke von basaltischem Glas, Basalt und Augitandesit. Peroxyd von Eisen oder Mangan werden überall im Rothen Thon gefunden, in der Form von kleinen Körnchen oder Ueberzügen; bald überwiegt das eine Peroxyd, bald das andere, und jedes theilt dem Sediment seine charakteristische Färbung mit.

Wenn diese Oxyde als Concretionen um organische und mineralische Kerne abgelagert wurden, so bilden sie die wohlbekannten Manganknollen, welche besonders in den Rothen Thonsedimenten häufig sind, in denen Bruchstücke basischer Larven in stark zersetztem Zustand enthalten sind. Vergl. S. 701.

Kleine schwarze Kügelchen, oft mit einem metallischen Kern, wahrscheinlich kosmischen Ursprungs, sind wohl in allen Tiefseesätzen zu finden, doch sind sie häufiger in manchen Rothen Thonen, als in anderen Sedimenten.

Dr. GIBSON hat gezeigt, dass Manganknollen aus diesen Rothen Thonen eine grosse Zahl seltener Metalle enthalten u. A.: Zink, Thallium, Titan, Nickel, Kobalt, Kupfer, Blei, Molybdän.

Ausser den bisher genannten normalen Bestandtheilen enthält der Rothe Thon noch manche accessorische Beimengungen. An der Westküste von Nordafrika und in Westen und Süden von Australien findet man Wüstenstaub im Rothen Thon, auch Aschen festländischer Vulkane werden über weite Gebiete verstreut. Kleine Krystalle von Phillipsit, entstanden aus der Zersetzung basischer Laven, sind besonders häufig in gewissen Rothen Thonen vom Südpacifik und Indik.

Wo das Meer periodisch oder gelegentlich von Eisbergen erreicht wird, findet man Quarz, Feldspath, grüne Hornblende, Epidot, Zirkon, Turmalin, Granit, Glimmerschiefer und andere Fragmente im Tiefseethon. Auf der Südhalbkugel gehen dieselben bis zu 40° S. Br., im westlichen Nordatlantik bis herab zu den Azoren.

Eine der charakteristischen Eigenschaften des Rothen Thones ist es, dass Mineralpartikelchen von mehr als 0,05 mm Durchmesser selten und gewöhnlich stark zersetzt sind. Dieselben sind gewöhnlich eckig und nur in 8 Fällen befanden sich gerundete Stückchen dazwischen.

Nach den Analysen von BRAZIER fanden sich in 23 verschiedenen Tiefseethonen:

Löslich in Salzsäure: 44,4 %—83 %,

davon SiO_2	:	11 %	— 33 %
Al_2O_3	:	2 „	— 13 „
Fe_2O_3	:	3 „	— 25 „
MnO_2	:	Spuren	— 15 „
CaCO_3	:	1 %	— 60 „
CaSO_4	:	Spuren	— 2 „
Ca_2PO_4	:	„	— 3 „
MgCO_3	:	0,4 %	— 3 „
Cu	:	Spuren.	

Unlöslich in Salzsäure:

SiO_2	:	10 %	— 38 %
Al_2O_3	:	2 „	— 11 „
Fe_2O_3	:	1 „	— 7 „
CaO	:	0,2 „	— 2 „
MgO	:	0,09 „	— 1 „
Glühverlust:	:	2 „	— 10 „

Das wichtigste Resultat dieser Analysen ist die grosse Variabilität der Zusammensetzung von Sedimenten, welche man unter dem Namen Rother Tiefseethon zusammenfasst. Das Magnesimcarbonat stammt wahrscheinlich aus dem Magnesiumsulphat des Seewassers, und bezeichnet eine beginnende Dolomitisation.

Der Rother Tiefseethon bedeckt $\frac{1}{11}$ der gesammten Erdoberfläche. Im Atlantik findet er sich in 5 getrennten Gebieten, zwei im Nordatlantik, getrennt durch den Dolphine-Rücken, drei im Südatlantik, getrennt durch den Challenger-Rücken. Der Rother Thon des Atlantik ist gewöhnlich von röthlicher Farbe, während die chokolatfarbigen Arten im Pacifik und Indik gefunden werden; seine grösste Verbreitung gewinnt er im Pacifischen Ocean.

Die Lothröhre dringt meist tief in das weiche Sediment ein. Unter 40° S. Br. und 132° W. L. in 4754 m drang die Röhre 45 cm ein. Oft durchsank dieselbe hierbei mehrere verschieden gefärbte Schichten. Unter 13° S. Br. und 151° Oe. L. in 4462 m, lag oben eine 8 cm dicke Schicht Thon mit 16% Kalkgehalt, darunter ein Sediment mit 32% pelagischen Kalkresten.

Unter 33° S. Br. und 133° W. L. in 4270 m fand man oben eine 6 cm dicke dunkelrothe kalkarme Schicht, darunter ein kalkreiches Sediment mit vielen Coccolithen.

Bei der tiefsten Lothung in 8183 m sank die Röhre 10 cm tief ein, oben war das Sediment röthlich, unten strohgelb und dünngeschichtet. Vergl. auch S. 625.

Die Ablagerungen der heutigen Tiefsee zeichnen sich, wie schon oben angedeutet wurde, durch grosse horizontale Verbreitung und geringen Facieswechsel aus. Alle¹⁾ Sedimente gehen ineinander ganz allmählig über, und oft ist es schwer zu sagen, ob eine Ablagerung als

1) AGASSIZ, Blake, I, S. 268.

Rother Thon, Radiolarienschlick, Globigerinenschlick oder Blauschlamm bezeichnet werden muss. Die Grenzen zwischen Blauschlamm und Globigerinenschlick, oder diejenigen zwischen diesem und Rothem Tiefseethon sind nur künstliche Trennungslinien in einer graduell sich verändernden Uebergangsreihe, und ein rascher Facieswechsel findet nur in der Nähe von Vulkaninseln oder Koralleninseln statt. Die Archipele sind diejenigen Regionen, in denen heteropische Sedimente leicht als solche erkannt werden können, während der insulfreie Tiefseeboden eine überraschende Eintönigkeit zur Schau trägt.

Die Tiefsee ist ein Faciesbezirk, dessen Sedimente von mehreren Lebensbezirken herrühren. Wir haben S. 137—168 die bionomischen Verhältnisse des offenen Meeres geschildert und dort gezeigt, welchen Einfluss dieselben auf den Tiefseeboden haben. Während also der petrographisch-geologische Nachweis des Tiefseecharakters einer Ablagerung in einem einzelnen Profil nicht zu führen ist, sondern nur durch Vergleichung vieler Aufschlüsse erzielt werden kann, ist ein paläontologischer Beweis mit noch grösseren Schwierigkeiten verknüpft. Wir haben S. 155 gezeigt, dass die lebende Tiefseefauna aus 4 verschiedenen Elementen besteht, die in mannigfaltiger Weise mit anderen Lebensbezirken verknüpft sind. Aber mit diesen 4 Faunentheilen ist die Anzahl der Reste nicht erschöpft, welche in fossilen Tiefseeablagerungen vorkommen können. Denn alle Organismen des offenen Meeres, das gesammte Plankton und Nekton des unbegrenzten Oceans fällt zum Tiefseeboden hinab, und wird den dort gebildeten Ablagerungen beigemischt. Pelagische Sedimente¹⁾ werden, wenn wir darunter die Reste von Planktonorganismen verstehen, in allen Faciesbezirken des Meeres abgelagert, sie sind nicht charakteristisch für die eigentliche Tiefsee. Nur wenn sie über ungeheure Strecken mit gleichbleibender Facies entwickelt sind, haben wir ein Recht, pelagische Sedimente für Tiefseeablagerungen zu halten.

Die Farben der Tiefseeablagerungen werden im Allgemeinen mit zunehmender Tiefe immer heller. Längs des Caraibischen Meeres war der Korallenschlamm hellgrün oder hellgelb; Pteropodenschlick variierte von grau zu weiss; Globigerinenschlick ging von Dunkelbraun oder Röthlich, in Rothbraun, Hellbraun und Rahmfarbe über.

Vielfach hat man eine ausgezeichnete Schichtung in Tiefseeablagerungen beobachtet.

Gross ist die Wirkung der Diagenese in der Tiefsee. Die Bildung von neuen Mineralien, von Concretionen und harten Krusten ist überall zu beobachten, und erzeugt Faciesunterschiede, die für die Vertheilung der Fauna von grosser Bedeutung sind.

Alle Tiefseeablagerungen werden gebildet unter dem Einfluss der bionomischen und lithogenetischen Vorgänge, die sich erstens im bewegten, strömenden oberen Stockwerk des offenen Meeres, zweitens im ruhigen Wasser des unteren Stockwerkes vollziehen, und kein zweiter Faciesbezirk ist so schwer zu bestimmen und so schwer zu begrenzen, wie der tiefe Boden des Weltmeeres.

1) AGASSIZ, Blake I, S. 143, 281.

C. Grundlinien einer vergleichenden Lithologie.

27. Die Korrelation der Facies.

Die Schwierigkeiten einer jeden geschichtlichen Untersuchung liegen einerseits in der Quellenkritik, andererseits in der Lückenhaftigkeit der Ueberlieferung, und in der Aufgabe, die lückenvolle Reihe der Thatsachen zu ergänzen. Mit diesen Schwierigkeiten hat die Geschichte des Menschengeschlechtes ebenso zu kämpfen, wie die Erdgeschichte.

Vorausgesetzt, dass alle der Beobachtung zugänglichen Thatsachen gut beobachtet und klar beschrieben sind, dass alle empirischen Quellen zu Rathe gezogen würden — so beginnt jetzt erst der schwierigere und mühseligere Theil der Arbeit. Wir finden in einem Sandstein ein Palmblatt und ergänzen uns den Palmbaum dazu; wir entnehmen ein Crinoidenstielglied dem Kalkfelsen und ergänzen dazu Wurzel und Krone der Seelilie; wir begegnen einer Kohlenbank zwischen thonigen Schiefern, und trotz ihrer schwarzen Farbe ergänzen wir uns einen grünen Farrenwald mit reich belaubten Dickigten; ein einzelnes Geweih des Riesenhirsches ergänzen wir zum vollständigen Skelett; und sogar der isolirte Zahn eines *Dinotherium* verlangt, dass wir ihn zum wohlgefügteten Knochenbau eines Riesenthieres ergänzen.

Die meisten derartigen Ergänzungen geschehen schon bei der Namienggebung und Bestimmung, und wir werden uns bei derartigen Betrachtungen oft gar nicht bewusst, dass wir ergänzen. So lange man jene kleinen Kalkscheibchen als *Entrochus* beschrieb und abbildete, arbeitet man rein empirisch beschreibend, sobald man aber den Trochites als Crinoidenstielglied, als kleinen Theil eines complicirt gebauten Echinodermen betrachtet, entfernt man sich vom Boden der reinen Empirie und ergänzt auf Grund der ontologischen Methode.

Und fragen wir uns, welche Wissenschaft uns in den Stand setzt, die fragmentarischen Reste ausgestorbener Organismen richtig zu ergänzen, und ihnen die rechte Stelle im System organischer Beziehungen anzuweisen, so lautet die Antwort: die vergleichende Anatomie. Es ist nicht ein Zufall, dass man CUVIER sowohl als Begründer der vergleichenden Anatomie, wie als Vater der Paläontologie feiert, denn nur in der engsten Anlehnung, im beständigen Benutzen der Sätze und Resultate der vergleichenden Anatomie war die Möglichkeit gegeben, dass sich die Paläontologie zu einer Wissenschaft entwickelte. Es scheint uns heute selbstverständlich, dass man den Schädel eines *Branchiosaurus* nach dem Skelett der lebenden Amphibien beurtheilt, und wir lächeln über die Rekonstruktion eines Einhorns, die uns LEIBNITZ¹⁾ ohne Hinterfüsse und mit ventral gerichteten Dornfortsätzen vorführt; aber der ganze Fortschritt seit jener „unwissenschaftlichen“ Zeit beruht darin, dass der Paläontologe von heute die Erfahrungen der vergleichenden Anatomie zu benutzen weiss, und sich von der ontologischen Methode bei allen ergänzenden Arbeiten leiten lässt. Was lehrt uns Dendriten von versteinerten Pflanzen unterscheiden, wer giebt uns ein Recht, den Bernstein für ein Baumharz zu erklären? — die vergleichende Anatomie der Pflanzen. Sie allein setzt uns in den Stand, aus den unvollständigen Resten ein nahezu vollständiges Bild zu ergänzen.

Je mehr die Zoologen und Botaniker, die Anatomen und Physiologen eindringen in die Organisation der Pflanzen und Thiere, je klarer wir das histologische und morphologische Gefüge der Organismen kennen lernen, desto deutlicher sehen wir, dass eine innere Harmonie zwischen den Organen jedes Thieres, jeder Pflanze besteht. Der Zahnbau eines Wiederkäuers unterscheidet sich von dem Gebiss eines Raubthieres ebenso, wie die Extremitäten derselben; die Länge des Darmes, die Vertheilung und Grösse der Muskeln — Alles steht in wechselseitiger Abhängigkeit. CUVIER war es, der zum erstenmale diese organischen Wechselbeziehungen erkannte, und sie unter dem Begriff einer: „Korrelation der Organe“ als Gesetz formulirte.

Aber diese Wechselbeziehung verschiedener Causalreihen begegnet uns nicht allein im Bau jedes Thieres und jeder Pflanze, nein wir erkennen sie ebenso in jenen bionomischen Regionen, die wir als Lebensbezirke im ersten Theil dieses Werkes bezeichnet haben. Die physiologische Abhängigkeit des thierischen Lebens vom Assimilationsprozess der Pflanzen, die Anpassungen des Plankton an die Hochsee und des Benthos an den Meeresboden, die Beziehungen der Meeresoberfläche zur Küste und zur Tiefsee — Alles lehrt uns, dass unzählige ursächliche Beziehungen bestehen zwischen den Lebensbezirken der Erde; Beziehungen räumlicher und zeitlicher Abhängigkeit — die eine hervorragende Bedeutung besitzen. Wir haben uns bemüht, im ersten Theil diese Wechselbeziehungen der Lebensbezirke des Meeres kurz zu charakterisiren; denn was die vergleichende Anatomie und „die Korrelation der Organe“ für die Paläontologie geleistet hat, das be-

1) PROTOGAEA, Taf. XII, Figura Sceletti prope Quedlinburgum effossi.

deutet die vergleichende Bionomie und die „Korrelation der Lebensbezirke“ für die Geologie. Lückenvoll wie die isolirten paläontologischen Funde, sind die Ueberreste einstiger Faunengebiete uns überliefert. Kein Experiment kann sie uns hervorzaubern, kein blosses Spekuliren vermag die Lücken der Ueberlieferung zu ergänzen. Nur die exakte Beobachtung recenter Erscheinungen, nur die ontologische Methode kann uns den Weg zur Erkenntniß zeigen.

Aber die Korrelation der Lebensbezirke ist nur eine Seite des Problems. Ein unendlich viel reicheres Thatachenmaterial als die Paläontologie uns geliefert hat, ist uns in den Gesteinen aufbewahrt. Fremdartig, wie ein Trilobit muthen uns viele paläozoische Kieselschiefer an; verwandte, gewohnte Ablagerungen treffen wir vorwiegend in jüngeren Formationen. Unzählige Gesteine sind fossil-leer — sollten ihre Eigenschaften gar keine erdgeschichtlichen Aufschlüsse liefern? Doch so reich das Feld der Beobachtungen ist, so wenig sind seine Schätze verworthen. Wenn wir absehen von den vulkanischen Gesteinen und dem Räthsel der krystallinischen Schiefer, so begegnen wir vielen vereinzelt Versuchen, und doch geringen Resultaten. Rothe Sandsteine hält man für eine Binnenseeablagerung, obwohl noch keine Lothröhre rothen Sandgrund am Boden eines grösseren Binnensees entdeckt hat, und in der Regel nimmt man zum Boden des Oceans seine Zuflucht, wenn eine räthselhafte Steinart vorliegt, ohne sich zu fragen, ob am Boden des Meeres derartige Ablagerungen auch nachweisbar entstehen.

Indem wir den Weg der vergleichenden Methode betreten, bewegen wir uns auf den bekannten Pfaden, welche die Biologie schon seit Langem eingeschlagen hat, nen ist nur der Versuch auf diesen Wegen die Probleme der Gesteinskunde zu lösen, und die Lithologie vergleichend zu studiren. Vergleichend allein im formalen Sinn, ist die Gesteinskunde bisher behandelt worden, und die reiche Nomenklatur petrographischer Bezeichnungen der Eruptivgesteine legt Zeugniß davon ab, bis zu welcher Vollendung diese Seite der Untersuchung theilweise gefördert worden ist. Die vergleichende Lithologie, deren Grundzüge in den folgenden Abschnitten skizzirt werden, vergleicht genetisch und stellt unter allen Eigenschaften eines Gesteins diejenigen an erster Stelle, welche das Gestein bei seiner ersten Bildung erhielt, und welche durch später erworbene Eigenschaften vielfach verdeckt und verhüllt worden sind. Wir unterscheiden nicht wesentliche und accessorische Gemengtheile einer Felsart, sondern primäre und secundäre Eigenschaften; und verstehen unter den ersteren diejenigen, welche das Gestein besass, als es noch unter den Bildungsbedingungen seines Faciesbezirktes bestand; während alle diejenigen Eigenschaften eines Gesteins, welche durch Diagenese oder Metamorphose erworben wurden, als secundär zu bezeichnen sind. Je älter ein Gestein ist, desto mehr dürfte es im Allgemeinen durch Diagenese und Metamorphose verändert sein, desto mehr erscheinen seine primären Eigenschaften als „accessorische Merkmale“, desto auffallender treten uns die secundär erworbenen Charaktere entgegen.

In einem fossilisirenden Dolomit beschreibt die Petrographie den Mangel der Fossilien und den Magnesiagehalt als wesentliche Eigen-

schaft, eingesprengte Kalkkörner, undentliche Versteinerungen werden als accessorische Bestandtheile behandelt, und doch sind sie genetisch primäre Charaktere. In einem Mandelstein erscheinen die mit Zeolithen ausgefüllten Dampfporen als wesentliche Bestandtheile, und doch sind es secundäre Eigenschaften.

Indem wir die primären Eigenschaften der Gesteine ins Auge fassen, kann es uns nicht entgehen, dass dieselben vielfach in einer strengen Abhängigkeit stehen von äusseren Bedingungen. Die Struktur einer Moräne ist ebenso causal verknüpft mit einem Polar- oder Hochgebirgsklima, wie die rothe Farbe eines Laterits von dem Tropenklima abhängig erscheint. Die Eigenschaften eines Korallenkalkes sind in einem warmen Ocean erzeugt worden, wie die Glaukonitsande in der Flachsee.

Aber es besteht nicht nur ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der einzelnen Ablagerung und den klimatischen Bedingungen unter denen sie entstand, sondern auch die verschiedenartigen Gebilde ein und desselben Faciesbezirkes sind durch das Mittel gleicher oder verwandter Bildungsumstände aufs Engste miteinander verbunden. In einer Wüste werden wir immer Sandsteine, Thone und Salzlager nebeneinander entstehen sehen; am Strande des Meeres Conglomerate, Sandsteine, Mergel und Kalksteine; auf einem Korallenriffe finden wir fossilreichen Korallenkalk und fossilereen verhärteten Kalkschlamm, und neben vereinzelter Pflanzenresten begegnet uns nur die rothe Lateriterde verwitterter Bimsteine.

Es ist unser Bestreben gewesen, auf Grund eigener Erfahrungen und an der Hand verschiedenartiger Beispiele diese Zusammenhänge zwischen den klimatischen Bedingungen und den Ablagerungen aufzudecken, und den Geologen einzuführen in das Wechselspiel klimatischer und lithogenetischer Vorgänge. Wir verstehen hier im weitesten Sinne unter Klima die Summe der meteorologischen oder oceanographischen Bedingungen für anorganische und organische Vorgänge und sprechen von einem Klima der Flachsee, wie wir ein Klima der Polarländer kennen.

Es besteht also ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zwischen dem Klima eines Faciesbezirkes und den dort gebildeten Ablagerungen, und die primären Eigenschaften eines Gesteines lehren uns das Klima seines Faciesbezirkes kennen.

Wenn wir uns zurückversetzen in jene vorcambrische Zeit der Erdgeschichte, wo die ganze Erdrinde noch aus krystallinischen Schiefern und vulkanischen Gesteinen bestand, so können wir leicht verstehen, dass damals alle mechanischen, chemischen und organischen Ablagerungen, sofern sie ihr Material nicht aus der Atmosphäre oder aus dem Wasser des Uroceans entnahmen, sich bildeten aus den Denudationsprodukten der damaligen Zeit, aus den zerstörten und verwitterten Theilen krystallinischer Schiefer und vulkanischer Magmen.

Später wurde das anders, denn zu den genannten beiden Quellen neugebildeter Ablagerungen traten die soeben gebildeten Sedimente mit hinzu, welche ebenfalls durch Denudation zerstört und zu neuen Gesteinen umgearbeitet wurden.

Hente ist das Verhältniss noch mehr umgestaltet worden, denn die Flächen des Festlandes sind jetzt zum grösseren Theil mit Sedi-

menten bedeckt, nur ein kleiner Theil ist durch Denudation abgedeckt und zeigt die krystallinische Unterlage. Infolgedessen entstehen heute die meisten Ablagerungen aus seit dem Cambrium gebildeten Sedimenten, und nur an einzelnen Stellen der Erdoberfläche sehen wir die Denudation noch in der alten Weise krystallinische Schiefer und vulkanische Gesteine bearbeiten. Eine der fundamentalsten Veränderungen der lithogenetischen Vorgänge seit dem Beginne des Cambriums besteht also darin, dass immer kleinere Strecken der alten Erdrinde der Denudation zugänglich werden, dass jene cambrischen Denudationsvorgänge allmählig immer mehr eingeschränkt werden, und dass durch das Vorwiegen von späteren Sedimenten die Denudation ganz andere Wirkungen hervorruft. Wenn wir uns vorstellen wollen, wie der Denudationsprocess zur cambrischen Zeit verlaufen ist, so müssen wir studiren, wie heutzutage die krystallinischen Gesteine durch Exaration, Erosion, Deflation und Abrasion bearbeitet werden.

Diese beständige Veränderung der äusseren Erdrinde durch Denudation und Auflagerung hat nun im Laufe der Zeiten so viele Ablagerungen zerstört, dass die Reihe der geologisch erhaltenen Gesteine sich keineswegs deckt mit der Reihe der Ablagerungen, die im Laufe der Zeiten gebildet worden waren. Sehen wir doch überall in der Gegenwart nicht nur frisch gebildete Ablagerungen wieder verschwinden, sondern auch eine beständig fortschreitende Zerstörung aller, selbst der dauerhaftesten Gesteine aus früheren Formationen. Und wenn man die Reihe der paläontologischen Ueberlieferung lückenvoll nennt, wenn man anerkennt und stets betont, dass die uns erhaltenen Versteinerungen nur ein kleiner Rest derjenigen Wesen sind, welche im Laufe der Vergangenheit gelebt haben — so müssen wir mit demselben Recht die Reihe der lithologischen Ueberlieferung für ebenso lückenvoll erklären. Gerade so wie es stets weichhäutige Nacktschnecken, zarte Medusen gegeben hat, die uns mit wenigen Ausnahmen keine Spuren hinterlassen haben, so hat es auch immer, in jeder Epoche Ablagerungen gegeben, welche nicht erhaltungsfähig waren. Zur Gewissheit wird uns diese Vermuthung, wenn wir objektiv beobachten, welche Arten von Ablagerungen in der Gegenwart entstehen, und diese reiche Musterkarte vergleichen mit den Gesteinen, die in der Formationsreihe dominiren. Meerespflanzen haben zu allen Zeiten das gesammte organische Meeresleben durch ihren Assimilationsprocess ernährt, aber vergeblich suchen wir ihre Reste in den meisten Formationen: zu allen Zeiten hat es einen Wüstengürtel auf beiden Halbkugeln gegeben, dessen Sanddünen mit ausgedehnten Lösslagern räumlich und ursächlich verknüpft waren — aber sie wurden rasch ein Opfer der Denudation und vergeblich suchen wir oft nach ihren Resten.

Wenn wir die Erdgeschichte ernst treiben wollen, wenn sie nicht das Produkt geistreicher Laune, sondern das Resultat exakter Forschung sein soll, dann dürfen wir uns nicht damit begnügen, die lückenvolle Reihe der erhaltenen Gesteine als gegeben hinzunehmen und ihre Entstehungsursachen, das Klima ihrer Faciesbezirke auf Grund zufälliger Denudationsgrenzen, auf Grund sekundärer Eigenschaften zu erschliessen, sondern unsere erste Aufgabe muss sein, die primären Eigenschaften der zusammengehörigen Gesteine zu erkennen, dann müssen wir die durch Denudation entfernten, vielleicht nur

in spärlichen Resten erhaltenen, anderen Ablagerungen suchen, welche wir als gleichzeitig zu betrachten haben.

Dass diese Aufgabe mit Hilfe organischer Reste und auf Grund von Leitfossilien nicht erfüllt werden kann, das lehrt schon die einfachste Erwägung; denn nur in seltenen Fällen kann eine festländische und eine marine Ablagerung dieselben Fossilien enthalten. Man denke nur an die Versuche, die festländischen mesozoischen und tertiären Ablagerungen von Nordamerika, mit ihrem Reichthum an Landthieren und Landpflanzen zu parallelisiren mit den marinen Aequivalenten in Europa. Hier kann die Paläontologie allein nichts ausrichten, und bedarf der Hilfe und Unterstützung durch andere Methoden. Wir glauben nun, dass die vergleichende Lithologie hier dieselben Schwierigkeiten zu beseitigen vermag, welche die vergleichende Anatomie auf paläontologischem Gebiet gelöst hat.

Die verstreuten Knochen eines fossilen Wirbelthieres, die lückenvollen Reste eines Krebspanzers ergänzt der Paläontologe auf Grund vergleichend anatomischer Thatsachen nach dem Gesetz von der Korrelation der Organe. Dieses Gesetz lehrt ihm, dass alle Säugethiere (mit 2 Ausnahmen) 7 Halswirbel besitzen, dass daher eine grössere Zahl von Halswirbeln, die er zusammen findet, von zwei Individuen herühren müssen; und es lehrt ihm, dass kein lebendes Wirbelthier mehr als zwei Extremitätenpaare besitzt, und dass infolgedessen auch kein fossiles Wirbelthier mehr als 4 Beine gehabt haben kann.

Aus den Thatsachen der vergleichenden Lithologie ergibt sich für den Naturforscher ein Gesetz von der Korrelation der Facies welches zusammen mit dem Gesetz von der Korrelation der Lebensbezirke uns erst in den Stand setzt, die Erdgeschichte zum Gegenstand exakter Forschung zu machen. Wohin wir blicken in der Gegenwart, sehen wir eine Fülle ursächlicher Beziehungen zwischen scheinbar einander fremden Erscheinungen. Die Abhängigkeit der Korallenkalke und der Dolomite von der Isokryme von 20° C., die Abhängigkeit der Korngrösse eines Wüstensandes von der Stärke der dort herrschenden Winde, die Vertheilung der Lösslager im Windschatten der Berge, die Häufigkeit der Moore im gemässigten Klima, das sind Thatsachen, deren ursächliche Erklärung oft nicht leicht ist, die aber in der Gegenwart leicht beobachtet werden können.

Im Raume bilden sich die verschiedenen Ablagerungen desselben Faciesbezirkes und ebenso die Summe der Gesteine der verschiedenen Faciesbezirke nebeneinander — in dem Profil der Erdrinde sehen wir sie übereinander liegen. Wie bei den Lebensbezirken ist es ein Grundsatz von weittragender Bedeutung, dass primär sich nur solche Facies und Faciesbezirke geologisch überlagern können, die in der Gegenwart nebeneinander zu beobachten sind.

In der Gegenwart beobachten wir aber, dass in den meisten Faciesbezirken nicht nur Ablagerungen gebildet werden, sondern dass gleichzeitig andere, schon bestehende Gesteine der Denudation unterworfen sind. Jeder Faciesbezirk hat seine spezifischen Denudationsvorgänge, mit bestimmten Denudationsprodukten und charakteristischen Denudationsflächen. Die Moräne welche die Gletscherstirn in einem Jahr gebildet hat, wird durch den vorschreitenden Gletscher im nächsten Jahre wieder denudirt, oder durch den Gletscherbach weithin trans-

portirt. Auf den festländischen Faciesbezirken überwiegt die Denudation, auf den marinen Faciesbezirken die Auflagerung; aber überall sind beide Vorgänge mit einander thätig. Zu den charakteristischen Momenten eines Faciesbezirkes gehören nicht nur bestimmte Ablagerungen, sondern auch gewisse Denudationsvorgänge.

Auf Grund dieser Betrachtung sehen wir also ein, dass zwischen der Ablagerung zweier, desselben Faciesbezirk oder zwei benachbarten Faciesbezirken angehörigen Sedimenten, auch ein „interner“ Denudationsvorgang eingeschaltet gewesen sein kann.

Alle diese Zeichen zu verstehen, diese scheinbar unbedeutenden Spuren zu deuten, lehrt uns einzig und allein die ontologische Methode, die vergleichende Lithologie, auf Grund des Gesetzes von der Korrelation der Faciesbezirke.

Jetzt sehen wir auch ein, wie wichtig es ist, zu erkennen ob eine Schichtenfuge eine Denudationsfläche oder eine Auflagerungsfläche ist. Nur wenn wir mit Sicherheit diese Diagnose treffen können, sind wir imstande erdgeschichtlich zu forschen.

Seit dem Cambrium kennen wir Versteinerungen, und seit dem Cambrium sind organische Ablagerungen gebildet worden. Jede organische Ablagerung entsteht und wird bedingt durch bestimmte bionomische Umstände. Diatomeen finden sich nicht an allen den Küsten, deren Gesteine kieselsäurereich sind, sondern da, wo die bionomischen Bedingungen ihres Lebens, Licht und salzarmes Wasser zusammenreffen; Kalkalgenlager und Korallenriffe bilden sich nicht etwa in solchen Meeren, deren Kalkgehalt grösser ist, sondern in der diaphanen Region unter bestimmten Lebensumständen. Es ist nun sofort einleuchtend und bedarf keiner weiteren Begründung, dass alle organischen Gesteine eine bionomische Facies vorstellen, und dass z. B. die Vertheilung von Korallenriffen in den aufeinander liegenden Formationen nur erklärt werden kann durch die Vertheilung der Lebensbezirke in den verschiedenen Zeitepochen. An diesem Beispiel kann man auch leicht zeigen, dass physiologische und bionomische Kenntniss für jeden Lithologen, für jeden Geologen unerlässlich sind, und dass die Korrelation der Lebensbezirke sich vielfach deckt mit der Korrelation der Faciesbezirke.

Wir zeigten, dass viele organische Gesteine durch Organismen in ihrer Bildung bedingt sind. Der Löss bildet sich zwar nur in der gemässigten Zone und am Rande des Wüstengürtels, aber seine Bildung hängt ausserdem noch ab, von der Verbreitung bestimmter rasenbildender Gräser. Im Polargebiet und in der Wüste ist die Deflation so überwiegend, dass man vermuthen könnte, auch hier diese Ablagerung zu finden, die als Deflationsprodukt bezeichnet werden muss. Aber es fehlen hier die Gräserassen, und deshalb bildet sich kein Löss. Die Bildung und Verbreitung der Lösslager knüpft sich also an eine pflanzengeographische Thatsache an, und daraus ist leicht zu erkennen, dass sie durch die bionomischen Lebensbezirke bestimmt wird, und dass die Korrelation der Lebensbezirke uns die Vertheilung der Lösslager erklärt.

Und wenn wir in der Gegenwart überall bemerken, wie viele ursächliche Beziehungen zwischen organischen und anorganischen Vorgängen bestehen, wie tiefgreifend und weitreichend der Einfluss der

Organismen auf die lithogenetischen Vorgänge ist, so dürfen wir den Gedanken nicht von der Hand weisen, dass auch in der geologischen Vergangenheit dieselben Beziehungen bestanden haben, und dass die Korrelation der Lebensbezirke uns vielfach die Korrelation der Faciesbezirke und die Korrelation der Gesteine erklärt.

Aber selbst wenn wir glauben, eine solche ursächliche Erklärung entbehren zu können, so müssen wir doch den Thatsachen der Korrelation der Gesteine in der Gegenwart gerecht werden, bei allen erdgeschichtlichen Studien. Wir haben in den Abschnitten des zweiten Theiles dieses Bandes die verschiedenen Faciesbezirke geschildert und die verschiedenen Ablagerungen, welche in jedem einzelnen Bezirk gegenwärtig gebildet werden, beschrieben. Mögen wir auch nicht alle ursächlichen Beziehungen erkennen, die zwischen den gleichzeitigen Facies bestehen, das Nebeneinander der Ablagerungen ist genügend, um unsere erdgeschichtlichen Arbeiten zu fördern. Jedes fossile Gestein ist in einem bestimmten Faciesbezirk entstanden und mit ihm entstanden gleichzeitig andere Facies, die nur zum Theil erhalten geblieben sind, und die uns daher vielfach nicht vorliegen. Faciesunterschiede bedingen in der Gegenwart überall einen anderen Gehalt an organischen Resten, und wenn wir von dem Pseudoplankton der Ammonitenschaalen absehen, so lehrt uns kein Leitfossil, welche Gesteine als heteropische, gleichzeitige Ablagerungen der ganzen Erdoberfläche zu betrachten sein dürften. Kein benthonisches Thier ist kosmopolitisch, die kosmopolitischen Planktonwesen des offenen Meeres sind meist ohne Hartgebilde, und die *Globigerina*, *Orbulina*, *Puzosinulina* sind seit langen geologischen Zeiträumen nur wenig verändert worden, sie eignen sich daher auch nicht, um gleichzeitige Facies von verschieden-alterigen Etagen zu unterscheiden. Mit den meisten Fossilien können wir also nicht eine einwurfsfreie Erdgeschichte feststellen.

Die Geologie befindet sich vielfach in der verhängnissvollen Lage, verschiedene Bildungen weder als gleichalterig, noch als verschieden-alterig mit Sicherheit erkennen zu können. Wir dürfen uns darüber nicht täuschen, dass die meisten benthonischen Thierformen nach den Gesetzen der Tiergeographie keine endgiltige geschichtliche Formationsreihe aufzustellen erlauben. Aus dem oft vorkommenden Zirkelschluss (weil das Fossil a in den Gesteinen A und B vorkommt, sind beide gleichalterig, und da man das Fossil a nur in „gleichalterigen Ablagerungen“ bisher beobachtet hat, so ist es ein gutes Leitfossil) der Stratigraphie kann uns nur die ontologische Methode retten, und nur die Gesetze von der Korrelation der Facies sind imstande unsere Erkenntniss zu erweitern. Jede Facies ist verknüpft mit anderen gleichzeitigen Gebilden und wenn wir eine fossile Ablagerung beurtheilen wollen, so müssen wir vergleichen, mit welchen heteropischen Sedimenten sie in der Gegenwart verknüpft ist — diese müssen wir in der Umgebung der fossilen Ablagerung suchen, und die fehlenden Facies nach den Gesetzen der Korrelation ergänzen, genau so wie der Paläontologe seine fragmentarischen Reste ergänzen muss, und nach den Gesetzen von der Korrelation der Organe auch ergänzt.

28. Die Aequivalenz der Gesteine.

Zwischen zwei Gesteinen, die neben- oder übereinander liegen, bestehen gewisse Beziehungen formaler, chronologischer und genetischer Natur, die man im Allgemeinen als ihre Aequivalenz bezeichnen kann. Zwei Gesteine können die gleichen Eigenschaften besitzen und somit formal äquivalent sein; sie können gleichalterig oder zeitlich äquivalent sein; sie können bei verschiedenen Eigenschaften und verschiedenem Alter doch unter denselben klimatischen Bedingungen gebildet sein, und also genetisch äquivalent genannt werden.

Man ersieht daraus, dass die meisten geologischen Untersuchungen sich mit der Aequivalenz der Gesteine beschäftigen, und dass das Problem der Aequivalenz zu den Fundamentalproblemen der Geologie gehört.

Kein Wunder, dass im Laufe der geschichtlichen Entwicklung auch dies Problem der Aequivalenz in der Geologie vielfach anders aufgefasst und anders betrachtet wurde, dass man den Wandel in den Zielen der Geologie an der Auffassung des Aequivalenzbegriffes wieder erkennen kann.

Die älteste Auffassung der Erdgeschichte gipfelte in dem Satz, dass formale und zeitliche Aequivalenz gleichbedeutend sei. Man sprach von einer Buntsandsteinformation und verknüpfte damit den Begriff, dass in dem damaligen Ocean überall bunter Sandstein gebildet wurde, dass mithin jeder roth- und weissgefärbte Sandstein aus der unteren Triaszeit stammen müsse. In den stratigraphischen Namen, wie Steinkohlenperiode, Kreideperiode, begegnet uns noch der letzte Rest dieser veralteten Anschauung, und erregt bei Laien und Anfängern unrichtige Ideenassocationen.

Mit SMITH und GRESSLY beginnt eine neue Zeit, denn sie lehrten uns, dass in jeder bestimmten Periode gleichzeitig verschiedenartige Ablagerungen gebildet wurden; verschiedene Facies, deren zeitliche Aequivalenz durch die gleichen Leitfossilien bestimmt werden könne. Und nach diesen Grundsätzen arbeitet die Geologie bis zum heutigen Tage, wenn auch in der Auffassung der Aequivalenz inzwischen eine Wandelung eintrat.

Ontologische Betrachtungen, Thatsachen der Bionomie und Thiergeographie machten es unwahrscheinlich, dass irgend ein Thier, welches

uns als Leitfossil dient, gleichzeitig auf der ganzen Erdoberfläche gelebt haben könne, gleichzeitig überall ausgestorben sei, und gleichzeitig durch neue Thierformen ersetzt werden konnte. Die Hoffnungen, die man an die Stratigraphie und die Lehre von den Leitfossilien geknüpft hatte, mussten stark eingeschränkt werden, wenn man zeigte, dass Australien gegenwärtig in der „Beutelhierzeit“ lebe, während diese Periode für die Alte Welt schon beendet sei. Zudem vertrug sich die Lehre von der absoluten Gleichalterigkeit paläontologisch äquivalenter Schichten nicht mit den Anschauungen der immer mehr um sich greifenden Entwicklungslehre. LINNÉ, CUVIER und L. AGASSIZ, die in jeder Art ein Schöpfungsprodukt sahen, konnten auch an die absolute Beweiskraft der Leitfossilien glauben, aber der Anhänger der Entwicklungslehre überwand mit den Katastrophen der Erdgeschichte auch den Glauben an die absoluten Zeitbestimmungen.

Statt der geträumten homochronen Zeitabschnitte glaubte man sich jetzt mit relativer Gleichalterigkeit begnügen zu dürfen, und HUXLEY¹⁾ führte den Ausdruck Homotaxie ein, um damit die durch die gleichen Leitfossilien charakterisirten Schichten als relativ äquivalent zu bezeichnen.

Aber damit verzichtet man auf eine historische Auffassung der Geologie; das Gesamtbild der Erdgeschichte zerfällt in eine grosse Zahl unzusammenhängender phylogenetischer Reihen; und schon vernimmt man die Ansicht, dass die Geologie eine beschreibende und „chronologische Disciplin“ sei, welche sich damit begnügen müsse, Thatsachen zu beschreiben, Profile zu vergleichen, Karten aufzunehmen, die aber nicht instande sei, über die Grenzen relativer Altersbestimmung hinauszuschreiten.

Und es ist richtig, mit Hilfe der Leitfossilien und der Profilgliederung können wir über homotaxe Aequivalenzen, über relative Gleichalterigkeit nicht hinauskommen, ja sogar es regen sich gerechte Zweifel, ob man überhaupt an den Schichten von zwei, tektonisch voneinander unabhängigen, Profilen entscheiden könne, was Facies und was Horizont sei. Ueberall begegnen wir dem Zirkelschluss des „guten“ Leitfossils und des „typischen“ Normalprofils, überall sehen wir logische Mängel der Diskussion. Das einzige Feste scheinen die Transgressionen zu sein, aber wenn eine Transgression bei positiver Strandverschiebung erfolgt, so können ihre einzelnen Discordanzen unmöglich gleichalterig sein, und die „relative Gleichalterigkeit“ tritt uns auch hier wieder lähmend entgegen.

Die Lehre von den Leitfossilien und von den leitenden Horizonten führt in ihrer consequenten Ausbildung zu Grundsätzen, welche sowohl den Thatsachen der Thiergeographie, wie den Principien der Entwicklungslehre widersprechen. Wenn wir absehen von dem, für marine Gesteine leitenden Pseudoplankton der Ammonitenschaalen (vergl. S. 509—516), so kennt die Thiergeographie der Gegenwart keine wirklich kosmopolitischen Formen. Aber die Stratigraphie, oder die Thiergeographie der Vergangenheit nimmt solche weltweite

1) H. SPENCER, Essays „Illogical Geology“.
 TH. HUXLEY, Address Geolog. Society 1862.
 J. E. MARR, Proc. Cambridge Phil. Soc. VI, 1887, S. 74.

Verbreitung für unzählige Arten an; und indem wir Bedenken gegen diese Annahme äussern, scheinen wir zu verzichten auf eine chronologische Aequivalenz, und damit auf eine historische Betrachtung der Geologie.

Unseres Erachtens bietet aber die Korrelation der Facies einen Weg, um die Homotaxie der Leitfossilien in eine Homochronie der Gesteine zu verwandeln. Wir haben in dem vorhergehenden Abschnitt diesen Weg kurz beschrieben, und dieses ganze vorliegende Werk ist ein Reisehandbuch für den neuen Weg.

Aber wenn wir den Weg betreten wollen, wenn es uns gelingen soll, auf ihm unser Ziel einer exakten Erdgeschichte zu erreichen, so müssen wir uns beständig daran erinnern, dass die Gleichheit der „wesentlichen“ Eigenschaften zweier Gesteine nicht als Kriterium gleicher Entstehung betrachtet werden darf, sondern nur die Uebereinstimmung der primären Eigenschaften. Da wir aber gesehen haben, dass in demselben Faciesbezirk verschiedenartige Ablagerungen gleichzeitig und nebeneinander entstehen, die alle gleichmässig beweiskräftig sind, da wir das Klima des Strandes aus einem Dünensandstein ebenso leicht bestimmen können, wie aus einem Wattenmergel, aus einem Lager von fossilem Tang ebenso, wie aus den Schalen von *Lithodomus* und *Pholas*; da nun begreiflicher Weise nicht aus allen Formationen immer dieselbe petrographischgleiche Strandfacies erhalten ist, sondern vielleicht aus der einen Epoche nur die Dünen, aus der anderen nur ein Tanglager, so gewinnt die genetische Aequivalenz der Gesteine dadurch auch eine andere Bedeutung, die wir im Anschluss an die Terminologie der vergleichenden Anatomie auseinandersetzen wollen:

An einem Thier können wir meist ohne Schwierigkeit die durch spätere Anpassung, durch Selektion erworbenen, neuen Eigenschaften von den primären Organisationseigenthümlichkeiten, die es von seinen Vorfahren ererbt hat, unterscheiden. Und es ist ein Grundsatz der vergleichenden Anatomie, dass man genetische Verwandtschaft nur auf Grund ererbter, alter, primärer Eigenschaften erschliessen dürfe. Durch spätere Anpassung sind oftmals zwei Organe, die genetisch, vergleichend-anatomisch gar nichts miteinander zu thun haben, äusserlich sehr ähnlich geworden und können dieselbe Funktion ausüben, trotz genetischer Verschiedenheit.

So ist der Flügel des Insekts funktionell äquivalent dem Flügel des Vogels, obwohl beide Bildungen morphologisch aus ganz verschiedener Anlage hervorgegangen sind.

Ebenso häufig ist aber auch der andere Fall, dass zwei scheinbar ganz fremdartige, funktionell grundverschiedene Organe dennoch aus derselben embryologischen Anlage entstanden sind, und trotz der verschiedenen physiologischen Leistung, doch morphologisch äquivalent erscheinen. Die Schwimmblase der Fische und die Lunge der höheren Wirbelthiere haben dieselbe morphologische Aequivalenz, trotz ihrer funktionellen Verschiedenheit.

Nach dem Vorgang von OWEN bezeichnet man zwei Organe von morphologischer Aequivalenz als homolog und zwei Organe, die sich nur physiologisch äquivalent sind, als analog.

Und seitdem GEGENBAUR und HAECKEL diese Begriffe überall anwandten und immer scharf unterschieden, ist die vergleichende Ana-

tomie zu hoher Blüthe gediehen. Homolog sind der Vorderfuss des Hirsches, der Flügel des Vogels und die Brustflosse des Fisches, analog sind der Rüssel des Elephanten und der Greifschwanz des Affen, analog sind die Schaaen der Brachiopoden und die Schaaen der Muscheln.

Wenn wir die Lithologie genetisch-vergleichend betrachten wollen, wenn wir die Aequivalenz der Gesteine logisch durchdenken, so müssen wir auch die Ablagerungen und die Gesteine nach den Prinzipien der Homologie und der Analogie trennen. Der erste Versuch in dieser Richtung wurde von E. v. MOJSISOVICS¹⁾ gemacht, welcher isomesische und isotopische, heteromesische und heterotopische Gesteine unterschieden; Begriffe, die sich ziemlich gut decken mit den in der vergleichenden Anatomie eingebürgerten Worten.

Wir bezeichnen als homolog solche Facies oder solche Ablagerungen, die in demselben Faciesbezirk entstanden sind. Homolog sind also alle Ablagerungen der Flachsee, mögen dieselben aus Kies, Sand, Schlamm, Kalk oder Mergel bestehen. Homologie ist kein Zeitbegriff, und ein cambrischer Sandstein ist vielleicht homolog einem mesozoischen Conglomerat oder einem recenten Saumriff. Die petrographischen Eigenschaften einer Ablagerung haben mit homologen Charakteren nichts zu thun, zwei homologe Gesteine können auch petrographisch übereinstimmen, aber sie brauchen es nicht zu thun.

Als analog bezeichnen wir dagegen zwei Gesteine von gleichen Eigenschaften, die in verschiedenen Faciesbezirken entstanden sind. Analog sind die Lavaströme eines festländischen Vulkans, und diejenigen einer submarinen Insel. Analog sind die Kalksinter einer Quelle und die Kalkdünen einer Koralleninsel, die Kalkabsätze der Flachsee und die Globigerinenschlicke der Tiefsee. Analog sind zwei kieselhaltige Kalksteine, von denen der eine ein litoraler Quarzsandstein mit überwiegendem kalkigem Bindemittel ist, während der andere ein Flachsee-Kalkstein mit diagenetisch ausgeschiedenen Quarzkrystallen ist. Analog sind die rothen Schlamme an der Mündung tropischer Flüsse, die Terrarossa der Korallenriffe und der Rothe Thon der Tiefsee, kurzum alle diejenigen Gesteine, welche in verschiedenen Faciesbezirken entstanden sind und dennoch dieselben wesentlichen Eigenschaften besitzen.

Es wird häufig der Fall eintreten, dass ein Gestein homolog und analog zugleich ist, dass in derselben Facies zu verschiedenen Zeiten das petrographisch identische Gestein gebildet wurde; aber in der Regel wird man äquivalente Gesteine entweder in homologe oder in analoge Aequivalenz bringen müssen.

Die Petrographie wird bei ihren Betrachtungen und bei der Aufstellung des Systems der Gesteine die analogen Eigenschaften in den Vordergrund stellen. Oftmals decken sie sich mit den wesentlichen Eigenschaften, und die petrographische Untersuchung kann uns nicht lehren, ob diese am meisten in die Augen fallenden Charaktere, ob das Ueberwiegen eines bestimmten chemischen Bestandtheils primär ist, oder durch Diagenese und Metamorphose sekundär erworben wurde. Kalksteine bilden sich in sehr verschiedenen Faciesbezirken, und einem

1) E. v. MOJSISOVICS, Die Dolomitriffe von Südtirol 1879, S. 7.

fossileeren Kalk kann man im Handstück und im Dünnschliff nicht immer ansehen, ob er an einer Quelle, in der Flachsee, auf einem Korallenriff, oder in der Tiefsee entstand. Um die Homologie der Gesteine zu erkennen, bedarf es immer der Untersuchung des ganzen Schichtenverbandes, und der heteropischen Facies desselben oder eines benachbarten Faciesbezirkes. Ebenso wenig wie man bionomisch eine Fauna beurtheilen kann, die aus dem Gestein ganz herauspräparirt wurde, so kann man nach dem Dünnschliff und dem Handstück niemals die Homologie oder Analogie eines Gesteines bestimmen. Auch hier bedarf es eingehender geologischer Beobachtung aller begleitenden Umstände, wenn ein gesichertes Resultat erzielt werden soll.

Die geographische Anordnung der Faciesbezirke der Gegenwart umgibt den Erdball mit einem System harmonisch zusammenhängender Regionen. Die Faciesbezirke des Festlandes orientiren sich, annähernd den Breitengraden folgend, in parallelen Gürteln concentrisch um die Erde. Die Faciesbezirke des Meeres lassen sich nicht so leicht in ihrer Lage zur Erdaxe bestimmen. Das Litoral des Polargebietes wird durch seine Verknüpfung mit Moränen, das Litoral des Tropenlandes durch Korallenriffe und Rothschlamm erkannt werden können, aber im Uebrigen theilt sich das Meer in bionomische und lithologische Regionen, deren geographische Orientirung grossen Schwierigkeiten unterliegt. Das Meer kennt keine regelmässig abgegrenzten Klimazonen, am allerwenigsten am Meeresgrunde; und die Orientirung einer fossilen Gesteinsreihe auf der Erdoberfläche, die Bestimmung, ob eine tropische oder polare Ablagerung vorliegt, und welche Lage die Erdaxe damals gehabt habe, lässt sich nur auf Grund des Geobios und der festländischen Faciesbezirke treffen. Dagegen vervollständigt sich das Bild der Erdgeschichte, wenn es uns gelingt, die Grösse und Tiefe eines Meeres, seine Gliederung und seine Küstenlinie, seine Korallen-Archipele und seine vulkanischen Inseln festzulegen.

Aber diese Arbeit kann nur auf Grund sorgfältigster Unterscheidung zwischen analogen und homologen Gesteinen geschehen; und nur wenn wir, unbekümmert um die wesentlichen petrographischen Merkmale, die primären und genetisch älteren Eigenschaften erkennen, wenn wir aus der Lagerung die Faciesbedingungen entziffert haben, dann erst sind wir instande eine Paläogeographie der Erdoberfläche zu unternehmen.

29. Der Facieswechsel.

Fast jedes geologische Profil besteht aus petrographisch verschiedenartigen Gesteinen, die in oft wiederholtem Wechsel übereinander liegen; und selbst die mächtigsten Kalkstöcke der Alpen werden von Thonen, Mergeln oder Sandsteinen unterteuft oder überlagert. Der Wechsel in den petrographischen Merkmalen ist eine so allgemeine Erscheinung, dass er überall zum Ausdruck kommt; fast jede Schichtenfuge trennt petrographisch verschiedene Gesteine.

Diese Verschiedenheit der Gesteine kann eine nachträglich erworbene sein, — Diagenese und Metamorphose gestalten die Eigenschaften gleichartiger Gesteine oft sehr wesentlich um, — aber in der Regel wird die Verschiedenheit der in einem Profil auftretenden Gesteine als primär zu betrachten sein; und da ein enger Causalzusammenhang zwischen Ursache und Resultat bestehen muss, so ist die Annahme berechtigt, dass primär verschiedene Gesteine unter lithogenetisch verschiedenen Bedingungen gebildet worden sind.

Aber zu den charakteristischen Erscheinungen eines Profils gehören nicht allein die Gesteine, sondern auch die Schichtenfugen.

In einem früheren Abschnitt haben wir ausgeführt, dass eine concordante Schichtenfuge eine Auflagerungsfläche, eine discordanz aber eine Denudationsfläche darstellt. Jede dieser Flächen entspricht also wiederum bestimmten Bildungsumständen, und wenn wir in einem gegebenen Profil petrographisch verschiedene Gesteine durch concordante und discordante Schichtenfugen abgegrenzt sehen, so lesen wir aus diesen Merkmalen nicht allein einen Wechsel der Gesteinsbildung heraus, sondern auch die Bedingungen von Auflagerung und Denudation schieben sich zwischen die Phasen des lithogenetischen Vorganges ein.

Sehen wir uns auf der heutigen Erdoberfläche um, betrachten wir die lithogenetischen Vorgänge nach ihrer Vertheilung im Raum, so beobachten wir nebeneinander, gesetzmässig nach den Bildungsumständen vertheilt, nicht nur Regionen der Denudation und Gebiete der Auflagerung, sondern diese letzteren zeigen einen grossen Wechsel in den petrographischen Eigenschaften der dort gebildeten Ablagerungen. Neben Dünen sanden bilden sich Wattenmergel, neben Austernbänken lagern sich Thone ab, und neben den Lavaströmen liegen die wohlgeschichteten Tuffe des Aschenkegels.

Für den gegenwärtigen Horizont der geologischen Entwicklung ebenso wie für jeden längst verflossenen Zeitabschnitt der Erdgeschichte liegen also die petrographisch verschiedenen Gesteine und die Flächen der Denudation und Auflagerung nebeneinander, und das Wort Facieswechsel wendet man im Speziellen an, um diese Verschiedenheit gleichzeitiger Bildungen zum Ausdruck zu bringen.

Aber jedes geologische Profil entspricht nicht einem Zeitmoment der Erdgeschichte, sondern es entstand während einer längeren oder kürzeren Zeitfolge, und dieser Zeitraum ist im Allgemeinen um so länger, je höher das betrachtete Profil ist.

Würden alle lithogenetischen (bionomischen, meteorologischen, physikalischen u. s. w.) Umstände während der ganzen Vergangenheit immer dieselbe Orientirung zur Erdoachse und dieselbe geographische Lage auf der Erdoberfläche gehabt haben, so müsste die Vertheilung der Denudation und der Auflagerung, ebenso wie diejenige der petrographisch verschiedenen Gesteine in jedem Profil von unten bis oben dieselbe sein, d. h. wir würden an einer Stelle der Erdrinde nur eine Denudationsfläche, an einer anderen Stelle eine gewaltige Lavamasse, an einem dritten Profil ein grosses Kalklager, wieder wo anders eine einheitliche Sandsteinablagerung vor uns sehen. Jedermann weiss, dass das nicht der Fall ist, und dass discordante Schichtenfugen mit Concordanzen ebenso abwechseln, wie festländische Kohlenlager auf marinen Korallenkalken, glaciale Conglomerate auf Seesanden lagern.

Wir brauchen ja nur einige Wochen hindurch eine Sandbank in einem Flussbett zu beobachten, um zu sehen, wie in einer sehr kurzen Zeitfolge bald das träge dahinschleichende Wasser Sand oder Schlamm ablagert, bald der hochanggeschwollene Fluss die Sandbank anfrisst und eine Denudationsfläche schafft. So wechselten hier im Laufe weniger Wochen die Bildungsumstände und überall bemerken wir die Spuren beständiger Wandelungen in den physikalischen Zuständen der Erdoberfläche und der Vertheilung der Faciesbezirke.

Bei der Untersuchung dieser unaufhörlichen Facieswechsel müssen wir zwei verschiedene Probleme auseinanderhalten und jedes für sich allein besprechen, zuerst die Frage nach der thatsächlichen Feststellung des Facieswechsels, zweitens die Frage nach den Ursachen dieser Erscheinung.

Woran erkennen wir einen Facieswechsel? Die Beantwortung dieser Frage lautet verschieden, je nachdem man unter Facies die petrographischen Eigenschaften eines Gesteines oder die verschiedenen Ursachen der Gesteinsbildung versteht.

Ein Beispiel wird das Gesagte am besten erläutern: gegeben sei ein Fjord von 500 m Tiefe, dessen Wände senkrecht abstürzen und dessen Boden sich mit Sedimenten bedeckt, während der Meeresspiegel und alle sonstigen klimatischen Bedingungen constant bleiben. Der Charakter der hier gebildeten Ablagerungen wird einen unveränderten petrographischen Charakter behalten, bis die Ablagerung so mächtig wird, dass sie die Assimilationsgrenze erreicht und in die diaphane Region hineinrückt. Es können sich jetzt Algen dort ansiedeln, und mit ihnen wandert eine herbivore Fauna benthonischer Thiere ein, die vorher in der betreffenden Bucht nicht leben konnten. Indem sich Algenreste dem Sediment beimengen, vielleicht Kalkalgen phytogene

Kalklinsen bilden und die herbivore Fauna zur Entstehung zoogener Kalksande Anlass giebt, wechselt jetzt rasch der petrographische Charakter der Ablagerung. Dieselbe wächst immer weiter empor, steigt aus der Region der Tiefseekorallen (110—75 m) in die Korallenregion (75—27 m) von dieser in die Laminarienregion (27—1 m) und kommt hierbei in immer bewegtere Wasserschichten. Wenn die Ablagerung vorher nur durch die heftigsten Stürme etwas bewegt wurde, so wühlt jetzt jede Welle den Boden auf, schlämmt die Ablagerungen, erzeugt indirekte Schichtung, und wenn schliesslich die ganze Schichtenreihe von 500 m Mächtigkeit geologisch untersucht wird, so findet man in ununterbrochenem Wechsel ganz verschiedenartig geschichtete, petrographisch wohlunterschiedene Schichten übereinander, obwohl der Meeresspiegel constant blieb, obwohl in der betreffenden Bucht ein „ganz ruhiger Absatz“ der Sedimente erfolgen konnte. Auch der Fossilgehalt der übereinanderliegenden Schichten zeigt grosse Veränderungen, obwohl eine Veränderung des Meeresniveaus nicht eingetreten ist.

Der oben geschilderte Fall mag eine Ausnahme sein, aber er lehrt uns ein wichtiges Princip, das bei der Beurtheilung jeder Ablagerung in Betracht gezogen werden muss, dass nämlich der Ablagerungsvorgang und ebenso sein Gegenbild, der Denudationsprozess, schon für sich allein die Bedingungen der Ablagerung und der Denudation verändern.

Wenn wir nun mit dem Worte Facies die Bedingungen der Ablagerung bezeichnen wollen, so kommen wir bei der Beurtheilung des geschilderten Beispiels zu dem Schlusss, dass der Gesteinscharakter wechselt, obwohl der wichtigste Faktor, das Meeresniveau, keine Veränderung erlitten hat.

Diese und ähnliche Betrachtungen waren es, welche mich bestimmten den Begriff der Facies in enger Anlehnung an die Definition von GRESSLY folgendermassen zu fassen: Facies nennt man die unterscheidenden Merkmale gleichzeitig gebildeter Gesteine, oder etwas weiter gezogen: Facies ist die Summe der primären Eigenschaften eines Gesteins.

Wir beantworten also die Frage nach den Erkennungszeichen eines Facieswechsels damit, dass wir sagen: Jeder Uebergang einer Ablagerung in homologe gleichzeitige Gebilde, oder in ein hangendes, petrographisch verschiedenes Gestein, ist ein Facieswechsel.

Die Veränderung der primären petrographischen Charaktere ist bisweilen eine so allmähige, dass die Kontinuität der Ablagerung gewahrt bleibt und eine scharfe Grenze zwischen beiden Facies nur willkürlich gezogen werden kann. In anderen Fällen wechselt die Facies so rasch und so plötzlich, dass beide Gesteine durch eine scharfe Schichtenfuge voneinander getrennt werden.

Man könnte daraufhin sagen, dass dann jede Schichtenfuge einen Facieswechsel repräsentire, allein diese Verallgemeinerung würde nicht zutreffend sein. Wir haben S. 631—2 ausgeführt, dass man direkte von indirekter Schichtung unterscheiden müsse. Indirekte Schichtung entsteht dadurch, dass eine aus verschiedenen schweren Bestandtheilen gebildete Ablagerung geschlümmt wird, dass z. B. ein sandiger Thon bei einem Sturm aufgewühlt wird, dass dessen thonige Bestandtheile

länger im Wasser schweben als die Sandkörner. Infolgedessen wird jene Ablagerung durch einen Sturm in eine untere sandreiche und eine obere thonreiche Schicht getheilt. Diese indirekte Schichtung ist natürlich nicht als Facieswechsel aufzufassen, während allerdings nach unserer Anschauung jede direkte Schichtenfuge zwei verschiedene Facies trennt und einen Facieswechsel anzeigt.

Schon mehrfach haben wir darauf hingewiesen, dass die einzelnen Faciesbezirke nicht allein durch bestimmte Ablagerungen, sondern auch durch Denudationsvorgänge ausgezeichnet sind. Bei dem Facieswechsel kann es nun häufig vorkommen, dass zwei übereinanderliegende Ablagerungen durch eine kurze Denudationsperiode getrennt sind, so dass damit vielleicht manche Facies wieder verschwunden sind, die einmal dazwischen zur Ablagerung kamen. Wenn wir uns die Ablagerung einer mehrfach gebildeten und wieder abradirten Sandbank, die Ablagerung einer mehrfach aufgeschütteten und wieder exarirten Frontmoräne vorstellen, so haben wir Beispiele derartiger vorübergehender „interner“ Denudationen, welche nur kurze Phasen in einer vorwiegenden Ablagerungsperiode darstellen. Sofern wir uns also weder durch indirekte Schichtung noch durch Denudationsflächen stören lassen, dürfen wir ruhig jede Schichtenfuge als den Ausdruck eines Facieswechsels betrachten.

Wir wenden uns jetzt zur Beantwortung der zweiten Frage: Wo durch entsteht ein Facieswechsel? Die Veränderungen der Erdoberfläche sind zum Theil durch periodisch wiederkehrende astronomische Ursachen, wie die Axendrehung der Erde, die Umdrehung des Mondes um die Erde, oder die Umdrehung der Erde um die Sonne bedingt. Wenn auch jede dieser Veränderungen ihre Spur den gleichzeitig gebildeten Ablagerungen aufdrückt, so ist doch die Periode derselben eine so kurze, ihre Wirkung eine so häufig wiederkehrende, dass sie den Aeonen geologischer Zeiträume gegenüber leicht verschwinden, und in ihrem Wechselspiel, in ihren einzelnen Phasen nicht immer wieder erkannt werden können.

Andere Veränderungen der Erdoberfläche sind nicht periodisch und erfolgen innerhalb säkularer Zeiträume, so dass ihre Wirkung in den gleichzeitig gebildeten Ablagerungen deutlicher zum Ausdruck kommt und leichter wiedererkannt werden kann. Diese Veränderungen betreffen entweder die Lithosphäre, die Hydrosphäre oder die Biosphäre. Die Veränderungen der Lithosphäre nennen wir Dislokationen. Sie bestehen in centrifugalen oder centripetalen, in radialen oder tangentialen Bewegungen der Erdrinde, deren Wirkung sich in der Hebung von Faltengebirgen oder in dem Einsinken von vielgestaltigen Erdschollen äussert. Durch Dislokationen wird zuerst die Vertheilung der Hydrosphäre geändert, indem Festlandsbezirke durch Senkung zu Meeresboden werden. Durch Dislokationen ändert sich das Klima einzelner Faciesbezirke, indem mitten in der gemässigten Zone oder gar im Tropenland Gebirge entstehen, die durch ihre topographische Höhe Inseln des Polarklimas darstellen. Durch Dislokationen ändert sich das Flusssystem eines Landes und damit der Transport der Denudationsprodukte — und die Ursachen aller dieser Veränderungen liegen in Bewegungen der Erdrinde.

Zu den Veränderungen der Lithosphäre müssen wir auch Denudation und Auflagerung rechnen. Durch die eine werden Gebirge

und Festländer abgetragen, durch die andere entstehen Sedimentlager, Vulkane und Inseln, Schutthügel und Sanddünen. Obwohl Denudation und Senkung, Auflagerung und Hebung in sehr ähnlicher Weise verlaufen, so müssen wir doch diese Vorgänge scharf voneinander unterscheiden und terminologisch trennen.

Die Veränderungen der Hydrosphäre nennen wir Oscillationen, wenn sie periodisch, Transgressionen, wenn sie continuirlich sind. Die Oscillationen bestehen in einem Auf- und Absteigen des Meeresspiegels und bewirken eine tiefgreifende Veränderung der Wasservertheilung überall, wo die Küste von einem Flachland begrenzt wird. Bald steigt, von geheimnissvollen Kräften emporgezogen, der Meeresspiegel 100 m über sein früheres Niveau, bald sinkt er unter dasselbe und verändert dabei sehr wesentlich die Grenzen der Flachsee, des Litorals und der Küste. Die Transgressionen sind positive Meerschwanckungen von continuirlichem Verlaufe; das Meer überschreitet seine Grenzen, schreitet weit über die Festländer hinweg und macht sie zum Schauplatz neuer mariner Ablagerungen.

Die Veränderungen der Biosphäre nennen wir Wanderungen der Pflanzen und Thiere. Obwohl sie in der Regel eine Folge der vorher aufgezählten Veränderungen von Lithosphäre und Hydrosphäre sind, so haben doch auch sie wieder ihre lithogenetischen Konsequenzen. Wenn durch Veränderungen des Salzgehaltes eines Nebenmeeres seine stenohaline Fauna ausstirbt, so äussert sich diese Thatsache in den Veränderungen der dort gebildeten Ablagerungen; wenn an einem Bergland die Waldgrenze hinaufwandert, so wandert auch das Gebiet humoser Ablagerungen in benachbarte, höher gelegene Regionen.

Das zuletzt Gesagte leitet uns nun über zu der Frage: Welches sind die Begleiterscheinungen des Facieswechsels? Das feinste Reagens auf die Veränderungen ihrer Umgebung sind zweifellos die Organismen. Die Isokryme von 20° C. umgrenzt alle Regionen der Korallenriffe, und damit auch die Verbreitung der korallophilen Fauna. Organismen des polaren Litorals steigen in die gewaltigsten Tiefen des Meeres hinab, nur weil sie dort dieselbe niedrige gleichbleibende Temperatur finden; und die Fauna und Flora des Festlandes belegt mit tausend Beispielen, welche enge Beziehung zwischen dem Geobios und den bionomischen Verhältnissen der Klimazonen bestehen. Beispiele für die Abhängigkeit der Fauna und Flora von der Facies findet man S. 25—34, 170, 210, 211, u. a. O. angeführt.

Wenn wir also überall sehen, dass die Vertheilung der Pflanzen und Thiere in strengster Abhängigkeit steht von den physikalischen Zuständen ihrer Umgebung, so ist der Schritt nicht weit zu der Erkenntniss, dass jeder Facieswechsel mit Veränderungen der Organismenwelt verknüpft ist. Wir haben im Kapitel 4. des ersten Theiles an einer Reihe von Beispielen gezeigt, dass die Beschaffenheit des Meeresbodens, dass die marine Facies eine maassgebende Rolle bei der Vertheilung der Pflanzen und Thiere spielt. Wenn nun nicht nur nebeneinander verschiedene gleichzeitige Facies existiren, sondern dieselben bei Veränderungen der Bildungsumstände sich überlagern; wenn eine Reihe verschiedenartiger Schichten einem mehrfachen Facieswechsel entspricht, so folgt daraus, dass wir in den

übereinanderliegenden verschiedenen Gesteinen deshalb verschiedene Fossilien antreffen, weil sie verschiedene Facies darstellen.

Als DARWIN und HAECKEL dem Grundgedanken der modernen Entwicklungslehre überall Eingang verschafften, da trat auch an die Paläontologie die Aufgabe heran, sich mit der neuen Lehre abzufinden. Wenn irgendwo, so mussten hier die Beweise für die Einheit des organischen Stammbaumes, für die genetischen Zusammenhänge der Gattungen und Arten gefunden werden.

Aber auf die Begeisterung der ersten Anfänge folgte eine Zeit der Enttächtung und Resignation; denn gar bald beobachtete man, dass in den übereinanderliegenden Schichten nicht Formenreihen mit allmäligen Mittelgliedern zu finden waren, sondern dass wohlabgegrenzte Arten, oft sogar verschiedene Gattungen aufeinander folgten. Dem Gegner der Entwicklungslehre wurde damit eine scharfe Waffe in die Hand gedrückt, und die Paläontologie scheint im Recht zu sein, wenn sie sich mit kritischer Zurückhaltung vielfach scheut vor phylogenetischen Reihen.

Woran liegt es denn, dass man in den übereinander folgenden Schichten eines gegebenen Profils meistens nicht die Uebergänge von einer Art zur andern, sondern verschiedene, wohl unterscheidbare gute Arten findet? — die Antwort lautet: im Facieswechsel. Es ist eine Ausnahme, wenn die allmäligen Variationen in übereinanderliegenden Schichten gefunden werden, denn der thiergeographische Weg einer bestimmten Formenreihe führt nicht in einer vertikalen Linie durch die geologischen Horizonte der Erdrinde hindurch, sondern in einer Zickzacklinie. Keine Stelle der Erdrinde hat in der geologischen Vergangenheit immer unter denselben meteorologischen und bionomischen Bedingungen gestanden, beständig haben sich die Faciesbezirke verschoben, und mit ihnen musste die Flora und Fauna wandern. Kamen jene nach langer Wanderung wieder auf ihren Ursprungsort zurück, brachten sie ihre endemische Fauna wieder mit, so war diese inzwischen im Kampf ums Dasein und durch die Bedingungen der Migration so verändert, dass sich wohl dieselben Gattungsmerkmale, aber nicht dieselben Speciescharaktere vorfanden.

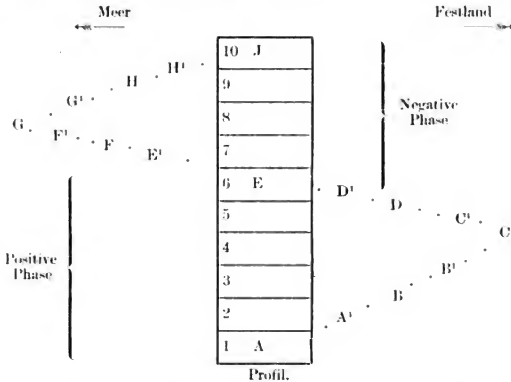
Und dass die Faciesbezirke des Festlandes ebenso sehr gewandert sind, wie die marinen Lebensbezirke, davon legt jedes Profil Rechenschaft ab. Selbst wenn die petrographischen Eigenschaften eines mächtigen Gesteins von unten bis oben unwandelbar sind, müssen die lithogenetischen Bedingungen gewechselt haben. Damit ein Korallenriff 200 m mächtig werden kann, musste eine positive Strandverschiebung von mindestens 120 m erfolgen, und wenn hierbei auch der Korallenkalk gleichartig und petrographisch einheitlich gebildet wird, so beeinflusste dieser Meereswandel doch sehr die Bildungsumstände gleichzeitiger mechanischer Sedimente.

Die Thatsache, dass in den meisten Profilen die übereinanderliegenden Schichten verschiedene, durch keine Uebergänge verknüpfte, Arten enthalten, steht also keineswegs in Widerspruch mit der Entwicklungslehre — im Gegentheil, diese Erscheinung ist eine Forderung

der Erdgeschichte, sie folgt nothwendig aus der geologischen Entwicklung der Gesteine und der Organismen, sie ist die einfache Consequenz des Facieswechsels.

Betrachten wir einmal die Entstehung eines marinen, fossilreichen Profils etwas näher, und verfolgen wir, welche Wanderungen eine litorale Fauna während einer Oscillation des Meeres ausüben muss:

Gegeben sei ein Profil litoraler Sedimente, bestehend aus 10 aufeinanderfolgenden Schichten. Die Orientirung dieses Profils war eine solche, dass rechts davon das Festland, links die Hochsee lag. Während der Bildung der Schichten von 1—5 erfolgte eine positive Strandverschiebung, und von 6—10 sank der Meeresspiegel wieder auf sein Anfangsniveau. In dieser oscillirenden Periode, die vielleicht mehrere hundert Jahre umfasst, veränderte sich die Art A allmählig in A', dann in B, B', C, C', D, D', E, E', F, F', G, G', H, H' und J in der Weise, dass die Eigenschaften von A, E und J je den Unterschieden von Arten, die Charaktere zwischen A, A', B, B', aber nur Variationen repräsentiren, so sehen wir folgendes Bild:



Wir erkennen sofort, dass die Variationen und Mutationen zwischen den guten Arten A und E transgredirend auf der Festlandsseite, die Uebergänge zwischen E und J aber auf der Meeresseite eingebettet sind, und dass in dem gegebenen Profilausschnitt nur die wohl unterscheidbaren Arten gegensätzlich, unvermittelt, übereinander auftreten.

Dieses eben behandelte schematische Beispiel ist aber das normale Paradigma für die gesamte lithogenetische, paläontologische Geschichte der Erde. Beständig haben sich auf der Erdrinde die Faciesbezirke und die Lebensbezirke verschoben; niemals waren die klimatischen Zonen und die Meeresgrenzen constant, niemals konnte die Organismenwelt ruhen, immer wurde sie durch den Wandel des Mediums zu

Wanderungen gezwungen, und stets musste sich sowohl diejenige Fauna, die ihren Wohnsitz innebehielt, wie diejenige, welche auswanderte, morphologisch verändern.

Wir gingen davon aus, dass die petrographisch verschiedenen Gesteine eines Profils, dass der zeitliche Facieswechsel eine Veränderung der lithogenetischen Bedingungen bedeute. Wenn wir nun mit seltenen Ausnahmen in jedem Profil die Spuren des Facieswechsels erkennen, so müssen wir uns zum Schlusse fragen: Was lehrt uns der Facieswechsel? Der Facieswechsel lehrt uns zuerst, dass stets die marinen Lebensbezirke einem Wandel unterworfen waren und dass die Fläche ebenso wie die Tiefe des Meeres beständig wechselte. Der Facieswechsel festländischer Gesteine lehrt uns, dass auch die lithogenetischen Bedingungen des Festlandes niemals stabile waren, dass die Klimazonen sich verschoben haben und dass mithin die Erdoberfläche ihre Stellung im Weltenraum geändert haben muss. Seit dem Cambrium haben nicht nur die Klimazonen ihre Lage auf der Erdoberfläche beständig verändert, sondern auch die Vertheilung von Festland und Meer war stets eine andere. Beständig hat das Meer an den Küsten auf- und ab oscillirt, bisweilen hat es in grossen Transgressionen gründlich alle Verhältnisse umgestaltet. Die meisten dieser säkularen Veränderungen vollzogen sich langsam, allmählig; manche rascher und in kürzeren Zeiträumen. Bald war die Erdoberfläche stabil, während die Erdrinde dislocirt wurde, bald verschob sich jene, und auf der Erdoberfläche arbeitete nur die Denudation; bald nagte die Abrasion langsam, kaum merklich an den Küsten, bald überschritt das Meer transgredirend ganze Festländer. Diese verschiedenen Vorgänge konnten isolirt auftreten, aber sie konnten auch durch Zufall in demselben Zeitabschnitt gleichsinnig wirken; und ohne dass eine der Kräfte sich wesentlich steigerte, so übten sie doch durch gemeinsame Arbeit eine scheinbar ungeheure Wirkung aus.

Die Organismen sind ebenso wie die Gesteine eine Wirkung der äusseren Bildungsumstände, ein Produkt ihrer schöpfenden und auslesenden Thätigkeit. Jede Pflanze und jedes Thier producirt eine Unzahl von Keimen und sucht sein Wohngebiet mit Hilfe derselben ins Ungemessene zu verbreiten. Jedes Wesen hat das Bestreben die ganze Erde zu bevölkern und wenn solches nicht der Fall ist, so sehen wir darin die auslesende Thätigkeit des Klimas. Die thiergeographischen Grenzen sind ein Ausleseprodukt, und die thiergeographischen Regionen wandern, wenn die auslesenden Bedingungen ihrer Lage auf der Erdoberfläche verschieben.

Der Facieswechsel, die petrographische Verschiedenheit übereinanderliegender Gesteine sind der bleibende Ausdruck wechselnder Umstände, und wenn wir daher die Organismenwelt, jeden Lebensbezirk, jede Gattung, jede Art seltsame Zickzackwege in der Erdrinde durchlaufen sehen, so ist solches eine nothwendige Folge des Facieswechsels.

30. Die Auslese der Gesteine.

Die Häufigkeit einer Pflanzenart oder einer Thierspecies wird hauptsächlich von zwei Faktoren bestimmt. Organismen, welche sehr fruchtbar sind vermehren sich im Allgemeinen rascher, als solche Pflanzen und Thiere, welche nur eine beschränkte Anzahl von Keimen produciren — aber diese ursprüngliche Fruchtbarkeit garantirt noch nicht den Individuenreichthum der Art. Denn wenn die wenigen Keime der einen Species alle am Leben bleiben, bis sie geschlechtsreif geworden sind, während die zahlreicheren Nachkommen der anderen Art vorher zu Grunde gehen, so wird schliesslich diese individuenarm, jene aber individuenreich sein.

Es wird also der Bestand einer Flora und Fauna nicht so sehr allein durch die Bildungsumstände, als durch die Bedingungen der Erhaltung bestimmt.

Diese für die gesammte organische Welt giltige Thatsache wurde von DARWIN als regulirendes Princip erkannt, und als „natürliche Auslese“ oder „Kampf ums Dasein“ bezeichnet.

Dass diese Selektion überall in der organischen Welt stattfindet, lässt sich nicht bezweifeln, und dass durch sie Varietäten zu Arten werden, ist ein Grundsatz der Entwicklungslehre.

Auch in der unbelebten Natur beobachten wir überall eine natürliche Auslese und auch hier hängt die Häufigkeit eines Gesteins nicht allein an den primären Bedingungen der Bildung, sondern ebenso sehr an den secundären Umständen der Erhaltung. Von den unzähligen Ablagerungen, welche im Laufe der geologischen Vergangenheit gebildet worden sind, gingen die meisten wieder zu Grunde, und nur eine beschränkte Anzahl blieb fossil erhalten.

Beständig verändert sich die Oberfläche der Erde, unaufhörlich wandert der Stoff von einem Ort zum andern; wohin wir sehen, erblicken wir einen rastlosen Wechsel der Erscheinungen. Und so ist es immer gewesen, seit die Erdkugel sich mit einer festen Rinde umgab. Niemals hat seitdem die Wanderung der Materie auch nur einen Augenblick stille gestanden. Durch einen Regenguss bilden sich Wasseransammlungen, aber die Sonne verdampft rasch die entstandenen Tümpel; eine hohe Schneedecke verhüllt zur Winterszeit das Land, aber die Wärme des Sommers zerstört die Schneeeablagerung; dürre Blätter fallen im Herbste von den Bäumen und bilden eine fussdicke

Laubdecke auf dem Waldboden, aber die Blätter zerfallen, der Wind wirbelt den Staub in die Höhe, und nach kurzer Zeit ist keine Spur von der Cellulosemenge mehr zu sehen. Am Ufer des Meeres bleiben bei Ebbe einzelne Seewassertümpel stehen, die heisse Sonne verdampft das Wasser und lässt eine fingerdicke Salzkruste am Boden zurück, aber die wiederkehrende Fluth löst das Salz auf und zerstört die gebildete Ablagerung; zahllose Kalkgerüste zierlicher Globigerinen sinken langsam von der Oberfläche des offenen Meeres zum Tiefseeboden hinab, aber das Seewasser löst sie auf, und ein kalkfreies Sediment bedeckt den Grund des Oceans. So sehen wir überall ein Werden und Vergehen, ein beständiges Bilden und Zerstören, und wir erkennen, dass die Bildungs-umstände einer Ablagerung und die Häufigkeit eines Gesteins keineswegs in einem direkten Verhältniss stehen, dass sich zwischen Entstehung und Erhaltung die natürliche Auslese einschaltet und dass sie eine maassgebende Rolle spielt. Ablagerungen nennen wir alle diejenigen Stoffmassen, welche gebildet werden — zu Gesteinen werden nur jene, die erhalten bleiben; und selbst unter den Gesteinen giebt es solche, die fast unzerstörbar sind und deshalb in der Schichtenreihe der Erdkrinde vorherrschen, während andere nur einen kurzen Bestand haben, schwer erhalten bleiben, und deshalb nur selten vorkommen.

Es ist ja klar, dass keine Materie von der Erde verschwinden kann, dass die Menge des irdischen Stoffes (wenn wir von den Meteoritenfällen absehen) constant bleibt. Aber alle Materie, die durch Lösung in die Hydrosphäre, oder gasförmig in die Atmosphäre aufgenommen wird, geht für die Lithosphäre verloren. Und da nur die Lithosphäre das Untersuchungsobject der Geologie ist, so können wir sagen, dass Ablagerungen und Gesteine verschwinden oder neue entstehen.

Die natürliche Auslese besteht also darin, dass gewisse Ablagerungen leicht in die Hydrosphäre oder die Atmosphäre aufgenommen werden, während andere Massen diesen Kräften gegenüber geschützt sind, und dass sich die Häufigkeit eines Gesteins nach diesen schützenden Umständen regelt.

Die Wirkungen der lithologischen Selektion sind verschiedene, je nachdem einfache oder zusammengesetzte Gesteine ihr unterworfen werden; wir wollen an einigen Beispielen das Gesagte erläutern.

Die Hydrosphäre selbst kann zu einer Alagerung werden, wenn durch sinkende Temperatur das Wasser in Eis übergeht; und das Steineis bildet unter Umständen einen beträchtlichen Theil der Lithosphäre. Aber es ist leicht einzusehen, dass jede Erhöhung der Temperatur dieses Gestein wieder zerstört. Auf der ganzen Erdoberfläche kann festes Wasser als Schnee und Hagel herabfallen, es schneit am Kilimandjaro ebenso wie am Nordpol, es schneit auf dem Gipfel des Sinai, es schneit im gemässigten Klima während des Winters. Aber diese festen Wassermassen bleiben nur da erhalten, wo die mittlere Temperatur der Erdoberfläche unter dem Gefrierpunkt bleibt. So finden wir Gletschereis und Steineis in tieferen Lagen nur innerhalb des Polarkreises; und in wärmeren Breiten ziehen sich diese Ablagerungen auf die kühleren Bergregionen hinauf.

Vor allen anderen Gesteinen ist wohl das Steinsalz am leichtesten in Wasser löslich, und obwohl in den Océanen eine grosse Menge desselben enthalten ist, so giebt es doch darin noch viel mehr Wasser und überall, wohin Wasser gelangt, kann das Salz als Gestein keine Dauer haben. Deshalb finden wir ausgedehnte Salzlager an der offenen Erdoberfläche nur innerhalb der Wüstengürtel, denn diese Gebiete sind abflusslos und regenarm, und deshalb bleibt das Salzgestein hier erhalten.

Eine Ablagerung, welche sich leicht bildet, aber nur schwer erhalten bleibt, ist die Cellulose. Denn ebenso wie ihr Kohlenstoff aus der Atmosphäre stammt, so kehrt er durch Vermoderung leicht wieder in die Atmosphäre zurück. Eine ungeheure Menge von Pflanzensubstanz wird beständig durch Assimilation erzeugt, aber sie dient erstens der Thierwelt zur Nahrung und muss die Fortdauer thierischen Lebens erhalten, zweitens aber wird sie leicht wieder durch chemische Vorgänge zerstört, und nur selten finden sich Umstände zusammen, welche Cellulose in grösseren Massen erhalten. Der Kohlenreichtum des Carbon und des Tertiär in Mitteleuropa ist nicht so sehr eine Folge gesteigerten Pflanzenwuchses, als vielmehr das Resultat günstiger Erhaltungsbedingungen.

Sehr interessant ist die Bedeutung der Selektion für die Vorgänge der Verwitterung, wie es BISCHOFF in seinem Fundamentalwerk¹⁾ betont, indem er mit den Worten beginnt: In der Erdkruste finden wir, soweit wir sie kennen, stets diejenigen Stoffe mit einander gemischt, welche die schwer löslichsten Verbindungen geben. Giebt ein Stoff mit mehreren anderen Stoffen schwerlösliche Verbindungen, so kommen die schwerlöslichsten am häufigsten vor.

Das Problem der natürlichen Auslese gewinnt aber noch eine höhere Bedeutung, wenn wir nicht die Verhältnisse der ganzen Erdoberfläche, sondern nur die Selektion innerhalb eines Faciesbezirkles ins Auge fassen. Alle Ablagerungen und Stoffe, die durch irgend ein Transportmittel aus einem Faciesbezirk herausgetragen werden, gehen für den betreffenden Bezirk verloren, und der Reichthum eines solchen an der oder jener Ablagerung, das Fehlen anderer Gesteine, ist ein Produkt der Auslese; selbst das Sortiren der Sedimente nach Korngrösse und specifischem Gewicht, der Vorgang der Aufbereitung, sind auslesende Prozesse.

Aus den durch beständige Wasserläufe ausgezeichneten Faciesbezirken der gemässigten Zone und des Tropenlandes werden die Mehrzahl der im Wasser schwebenden feinpulverigen Schlammbestandtheile nach den Klärungsbecken der Flussseen, oder nach dem Meere getragen, während die schwereren Sande meist in den linearen Niederungen der Flussläufe abgelagert werden. Die Deflation entfernt den Staub so gründlich aus der Wüste, dass ihre Dünenketten aus reinem, staubfreiem Quarzsand bestehen. In den umgebenden Steppengebieten hält die Grasnarbe den Staub fest, und häuft ihn zu hohen sandarmen Lösslagern an. Im Faciesbezirk des Litorals sondert die Wasser- und Windbewegung das aus Thon und Sand gemischte Sediment. Der staubfreie

1) BISCHOFF, Lehrbuch der chem. und physik. Geologie. I, S. 1.

Walther, Einleitung in die Geologie.

Sand wird zur hohen Düne aufgehäuft, während der Schlamm das Wattenmeer hinter der Düne erfüllt, oder in einiger Entfernung vom Ufer in tieferem, ruhigem Wasser das herrschende Sediment bildet. Der Radiolarienreichthum gewisser Tiefseeablagerungen ist ein Ausleseprodukt. Denn alle daselbst abgelagerten Kalkreste werden zerstört, während die unlöslichen Kieselskelette unversehrt bleiben und durch ihre Menge den Anschein erwecken, als ob dort vorwiegend Radiolarien abgesetzt worden seien.

Die Bedingungen der Erhaltung müssen aber nicht nur kurz nach der Sedimentbildung, sondern auch in der ganzen Folgezeit herrschen, wenn ein Gestein geologisch häufig sein soll. Und wenn wir die zackigen Ketten des Alpengebirges oder die Thalschlucht eines Bergbaches, die Form des Küstenabfalls oder die Gestalt der Inseln betrachten, so sehen wir überall den Satz bestätigt, dass die Oberflächenverbreitung eines Gesteins in einer bestimmten Denudationsfläche ebenfalls ein Ausleseprodukt ist.

In weichen Gesteinen kann die Denudation leichter arbeiten, als in härteren Felsen, deshalb ragen diese als zackige Vorsprünge, als kühne Klippen heraus und bilden die Gipfel aller Erhabenheiten. Wenn in unserem Klima die chemische Unzerstörbarkeit des Granits diesem ein Uebergewicht über andere Gesteine als bergbildendes Material giebt, und die darin auftretenden porphyrischen Gänge oft stärker verwittert sind — ist der polychrome Granit in der Wüste der physikalischen Verwitterung stark unterworfen, und glasige Porphyrgänge haben eine grössere Härte. Während der umgebende Granit zu Wüstensand zerfällt, ragen in der südlichen Sinaiwüste die Porphyrgänge als hohe Felsenrippen empor.

Ein vielgenanntes Beispiel für die auslesende Thätigkeit der Denudation ist der „Pfahl“ im Böhmerwald, der als lange Quarzmauer das stärker denudirte Gestein überragt.

Sobald wir uns gewöhnen, jede Denudationsfläche als ein Ausleseprodukt des in dem betreffenden Faciesbezirk herrschenden Klimas zu betrachten, dann werden wir ähnlichen Beispielen auf Tritt und Schritt überall begegnen.

Nachdem wir so an einigen Beispielen gezeigt haben, welche Bedeutung die natürliche Auslese für das Nebeneinander der geologischen Erscheinungen im Raume besitzt, müssen wir aber auch den Ausleseprozess als zeitlichen Vorgang in der Erdgeschichte betrachten.

Wenn wir uns ein Bild von dem Zustand der Erdoberfläche zu Beginn des Cambriums machen wollen, so brauchen wir nur alle kanozoischen, mesozoischen und paläozoischen Schichten abzudecken, und uns eine so gründlich abgedeckte Karte vorzustellen. Diese alte präcambrische Erdoberfläche bestand aus Granit, Gneis, krystallinischen Schiefen und verwandten Felsarten. Charakteristisch für alle diese Gesteine ist es, dass sie aus verschiedenartigen Mineralien zusammengesetzt sind. Selbst die eingeschalteten Kalklinsen, Quarzitlager und andere einfache Gesteine, enthalten meist eine solche Menge von accessorischen fremden Mineralien, dass wir die Verbindung mehrerer Mineralien zu einem Gestein für jene Zeit als bezeichnend halten dürfen.

Vergleichen wir nun diese präcambrischen Gesteine mit den später gebildeten Ablagerungen, und sehen wir hierbei von den vul-

kanischen Massen ab, so begegnen uns in der Folgezeit geologischer Zeiträume immer mehr einfache Gesteine, die nur aus einem einzigen Mineral bestehen. Statt des aus Quarz, Feldspath und Glimmer zusammengesetzten Granits sehen wir eine Bank von Quarzkörnern, darüber eine dünne Schicht von Glimmerblättchen, und darauf eine Thonschicht; statt des in feiner Vertheilung überall enthaltenen Kalkes begegnen wir mächtigen Bänken reinen Kalkcarbonates; statt der eisenhaltigen Basalte sehen wir den Eisengehalt zu mächtigen Raseneisensteinen aufgespeichert.

Die meisten Vorgänge der Diagenese trennen Mineralgemenge, isoliren einzelne Bestandtheile aus complicirten Lösungen, und nur die vulkanische Metamorphose erzeugt noch jetzt zusammengesetzte Bildungen.

So beherrscht also das Gesetz von der Auslese auch die Geschichte der Gesteine, und allmälige Entwicklungsreihen führen von den complicirten, zusammengesetzten Felsarten zu immer einfacheren Bildungen. Die Geschichte der Sediment-Gesteine besteht im Wesentlichen in einer Isolirung der vorher verbundenen Bestandtheile, in einer mechanischen und chemischen Sonderung der Elemente, und die Gegenwart zeigt uns überall diesen Auslese- und Sonderungsprocess vor unseren Augen.

Mit der Verwitterung beginnt der Sonderungsprocess, dann tritt er uns bei der Ablation und beim Transport überall entgegen, und selbst mit der Diagenese hat er sein Ende nicht erreicht.

Alle mechanischen Ablagerungen sind Ausleseprodukte, sind sortirte, ursprünglich zusammengehörige Elemente. Wenn der Fluss die groben Blöcke am Fuss des Gebirges liegen lässt, den feineren Sand im Mittellauf absetzt, und den Schlamm nach dem Delta und dem Meere trägt, so sondert er die einzelnen Bestandtheile des Verwitterungsschuttes.

Wenn der Wüstensturm in wenig Minuten die ganze Wüste mit einem Staubnebel verhüllt, und erst später die Wolken des schwereren Sandes daherwälzt, so sondert er die von der Insolation zerkleinerten Felsmassen.

Alle chemischen Ablagerungen sind Ausleseprodukte, denn nur die leichtlöslichen Elemente der Gesteine gingen in die Hydrosphäre über, und sie können chemisch wieder ausgeschieden werden; wenn die im Meerwasser enthaltenen verschiedenen Salze beim Eindampfen zu verschiedener Zeit ausfallen, so sehen wir in der Trennung des Kalksulphats von dem Chlornatrium ebenfalls einen Selektionsvorgang.

Von den im Quellwasser enthaltenen Bestandtheilen werden nur einzelne Stoffe abgeschieden, andere bleiben in Lösung, und überall werden zusammengesetzte Verbindungen in ihre Theile zerlegt.

Eine eminente Bedeutung spielt die natürliche Auslese bei organischen Ablagerungen. Die Pflanze nimmt aus der Atmosphäre Kohlensäure auf, aber sie sammelt nur den Kohlenstoff und giebt den Sauerstoff zum grössten Theile wieder ab. Die Foraminiferen und Korallen, Echinodermen und Mollusken entnehmen aus dem Meerwasser nur den Kalk, und die Radiolarien und Diatomeen entziehen denselben nur die Kieselsäure. Die Tange sammeln Brom und Jod in ihren Geweben, obwohl beide Elemente nur in ganz geringen Spuren

im Meere enthalten sind. Mag die Lösung des Seewassers noch so viel andere Stoffe erhalten, nur einzelne werden ausgeschieden.

So wirken mechanische, chemische und organische Kräfte, um die vorher vereinten Gesteinsbestandtheile zu trennen, um Lösungsgemische zu isoliren, um aus zusammengesetzten Gesteinen, einfache Gesteine zu machen. Die Diagenese vollendet den Vorgang. Die im rothen Tiefseethon enthaltenen Mangansalze vereinigen sich zu Manganconcretionen, feinvertheilte Eisensalze vereinigen sich in Sandsteinen und Lateriten zu grossen Eisenconcretionen. Der Kieselsäuregehalt, der in der Schreibkreide fein vertheilt war, zieht sich zu Feuersteinknollen zusammen, und überall vollziehen sich hierbei auslesende Vorgänge.

Die Entwicklung der organischen Welt geht meist vom Einfachen zum Differenzirten, Complizirten. Den umgekehrten Vorgang sehen wir bei der Entwicklungsgeschichte der Gesteine seit dem Cambrium sich vollziehen. Aus den gemischten Molekülgruppen, aus den zusammengesetzten Mineralaggregaten der vorcambrischen Lithosphäre und der Eruptivgesteine werden durch natürliche Auslese immer einfachere Gesteine erzeugt; mechanische, chemische und organische Vorgänge zerlegen die Mineralien, trennen Atome, und häufen ungemengte Ablagerungen überall auf. Und die Reihe der Gesteine bietet nicht minder interessante phylogenetische Beziehungen, als die Aufeinanderfolge der Fossilien.

31. Die lithogenetische Bedeutung der Organismen.

Eine grosse Anzahl von Pflanzen und Thieren ist direkt oder indirekt bei der Gesteinsbildung betheiligt. Die Verwitterung wird durch die Biosphäre in hohem Grade beeinflusst, Pflanzenwurzeln und Pilzhypen dringen in Spalten und Klüfte und lockern das Gefüge der Felsen, die Humussäuren, welche im Boden von dem durchsickernden Regenwasser aufgenommen werden, befähigen dieses Kalk zu lösen, und wenn die Quelle sprudelnd zu Tage tritt, dann sind es wieder Pflanzen, die die Kohlensäure an sich reissen und dadurch den gelösten Kalk ausfüllen. So ist die Bildung der Kalksinter ein durchaus organisches Phänomen.

Die geschlossene Vegetationsdecke schützt das verwitterte Gestein vor den Angriffen der denudirenden Kräfte, und die cumulative Verwitterung des Tropenlandes ist durch Organismen bedingt.

Während der Mangel einer Vegetationsdecke in der Wüste die Stärke der physikalischen Verwitterung und der Deflation bedingt, hält die Grasnarbe der Steppen, ebenso wie der rasenbedeckte Boden im Windschatten unserer Berge, den Lössstaub fest, und die Lössbildung ist ein durch Organismen bedingter Vorgang.

Bekannt ist die Rolle, welche Pflanzen und Thiere bei der Bildung organischer Ablagerungen spielen. Die Globigerinenschlicke, Pteropodenschlicke, Muschelbänke und Conchiliensande, Korallenriffe und Kalkalgenlager sind organische Bildungen; die Radiolarienschlicke, Diatomeenschlicke, Spongitegesteine nicht minder. Alle Kohle ebenso wie alle bituminösen Beimengungen festländischer und mariner Ablagerungen sind organischen Ursprungs. Die *Zosterawiesen* des Wattenmeeres fangen ebenso den Schlamm der Flachsee auf, wie das Wurzelgewirr der Schorawälder und Mangrovedickichte. Zahllose Würmer, Holothurien, Aktinien, Ophiuren leben im Schlamm des Meeresgrundes. Beständig füllen sie ihren Darmkanal mit dem Sediment, beständig wandert dasselbe durch unzählige Thiere hindurch und wird hierbei verändert, gewisser Bestandtheile beraubt, von anderen Abfallstoffen durchsetzt. Welche Bedeutung haben nicht die Krebse für die Erzeugung scharfkantiger Muschelsande, die Seevögel für die Bildung des Guano. Geheimnissvoll arbeiten überall in den obersten Schichten der Lithosphäre die Bakterien. Die Ackerkrume, wie die marinen Sedi-

mente enthalten viele Tausende derselben. Sie veranlassen die Fäulniß und Vermoderung der Thier- und Pflanzenreste, sie bewirken es, dass die Beschaffenheit des marinen Grundwassers sich wesentlich unterscheidet von der Zusammensetzung des normalen Seewassers, dass in den obersten Sedimentschichten Kalk chemisch ausgeschieden wird, dass sich Schwefelwasserstoffe und Kohlenwasserstoffe bilden, und Vorgänge der Oxydation und Reduktion veranlassen. Die Bildung der Glaukonitsande im Innern von Foraminiferenschaalen, die Bildung kalkiger oder kieseliger, eisenhaltiger oder manganreicher Concretionen um organische Reste — Alles sind Vorgänge, die durch Organismen, veranlasst werden, und so können wir sagen, dass in allen Faciesbezirken der Erde, auf dem Festland wie im Meer überall Organismen eine wichtige Rolle bei den lithogenetischen Vorgängen spielen.

Seit dem Cambrium kennen wir die Reste von Pflanzen und Thieren, und da die cambrische Fauna vielfach die Charaktere einer Rückbildung, Verkümmern trägt und keineswegs die älteste Fauna der Erdrinde repräsentirt, so haben wir ein Recht anzunehmen, dass in der ganzen Formationsreihe bis hinab zum Cambrium, ja noch über dieses hinaus die Organismenwelt eine ähnliche Rolle gespielt hat.

Betrachten wir die lithogenetische Thätigkeit der einzelnen verschiedenen Pflanzen- und Thierarten der Gegenwart etwas genauer, so kann es uns nicht entgehen, dass bestimmte Arten eine bestimmte Rolle spielen, dass nahe verwandte Arten oder Gattungen andere lithogenetische Wirkungen ausüben. *Corallium rubrum* bildet im Mittelmeer ausgedehnte Kalkriffe, während die nahe verwandte *Isis* zu solchen Sedimenten keinen Anlass giebt. *Sphagnum* ist durch seine vielen Wasserräume zur Torfbildung sehr geeignet, während nahe verwandte *Anthoceros* hierbei nicht theilhaft sind. *Lithothamnium racemus* bildet im Golf von Neapel in 50 m Tiefe ausgedehnte Kalklager, während *L. cristatum* am Strande wächst, und hier nur dünne Krusten auf felsigem Boden erzeugt.

Aus solchen Beispielen geht also hervor, dass die lithogenetische Bedeutung der recenten Organismen eine specifische ist, dass nahe verwandte Arten und Gattungen ganz verschiedene Wirkungen ausüben, dass keine Art die andere vollkommen ersetzen kann. Eine Kalkbank, die durch *Ostrea* gebildet wurde, wird immer andere Eigenschaften besitzen, als eine Kalkschicht die durch *Placuna* oder *Anomia* ausgeschieden wurde; ein Kalkriff, dessen Bildung durch *Porites* geschah, wird andere petrographische Eigenthümlichkeiten haben als ein *Goniastrea*-kalk; eine in der Strandregion mit *Posidonia* bewachsene Sandablagerung bildet einen anderen Sandstein, als eine mit Algen besiedelte Sandfläche — kurzum die Lebenserscheinungen bestimmter Thier- und Pflanzenarten geben den unter ihrem Einfluss gebildeten Gesteinen specifische Charaktere.

Betrachten wir jetzt die Aufeinanderfolge der Organismen in der Erdgeschichte, so sehen wir eine beständige Veränderung der gesamten Lebewelt. Auf die Trilobiten und Graptolithen des Paläozoikum folgen die Ammoniten und Rudisten der mesozoischen Perioden. Es wechseln nicht nur die Arten, Gattungen und Familien, sondern sogar die Ordnungen und Klassen; und mit Ausnahme von *Lingula*, *Discina* und *Nautilus* hat kein paläozoisches Thier die Gegenwart

erreicht. So wandelte sich beständig die organische Welt um, eine Art, eine Gattung löste die andere ab, niemals stand die Umbildung der Formen stille.

Fügen wir jetzt diese Thatsache ein in den oben ausgeführten Gedankengang, betrachten wir von dem vorher charakterisirten Standpunkt die durch Organismen bedingten lithogenetischen Vorgänge der Vergangenheit, so ergibt sich das unabweisbare Resultat, dass Hand in Hand mit den morphologischen Veränderungen der Organismenwelt auch ihre physiologische Thätigkeit beständig wechselte, dass seit dem Cambrium nicht nur die Arten der Pflanzen und Thiere sich verändert haben, sondern dass sich gleichzeitig alle durch Organismen eingeleiteten lithogenetischen Prozesse ändern mussten. Zwischen der morphologischen Form und ihrer lithogenetischen Leistung, zwischen Gestalt und Lebensweise der Thiere bestehen so enge, unauflösliche Beziehungen, dass jede Aenderung der Artcharaktere auch eine Aenderung der Gesteinsbildung bedingen musste.

Diese Aenderungen waren zweifacher Art. Denn erstens sehen wir in jedem Profil, dass die Lebensbezirke sich verschoben haben, dass die Floren und Faunen von einer Stelle der Erdrinde zur andern wanderten. Damit wanderten auch die lithogenetischen Prozesse, und wenn wir die triassischen Korallenkalke in den Alpen, die jurassischen im Jura Gebirge hauptsächlich verbreitet sehen, so bedeutet dies nicht nur eine Wanderung der Riffkorallen, sondern auch eine solche des Korallenkalk-bildenden Faciesbezirkes.

Aber neben den relativen Ortsverschiebungen der Optima eines bestimmten lithogenetischen Vorganges von einem Ort der Erdrinde nach einem andern, vollzogen sich auch absolute, qualitative Aenderungen der Lithogenese.

Die Organismenwelt ist im Laufe der Erdgeschichte nicht nur gewandert, sondern sie hat sich auch qualitativ verändert. Die übereinanderliegenden Schichten enthalten nicht allein eine verschiedene Fauna, sondern sie sind auch gerade deshalb unter lithogenetisch verschiedenen Umständen gebildet worden. Indem wir dieses anerkennen, sind wir aber an einer bedeutungsvollen Grenze der ontologischen Methode angelangt.

Alle physikalischen, alle chemischen Vorgänge, welche die Erdoberfläche seit dem Cambrium verändert haben, sind nach den gleichen Gesetzen erfolgt, und haben immer dieselben oder ähnliche Wirkungen hervorbringen müssen. Das Litoral des Cambrium musste ebenso wie der gegenwärtige Strand von den Meereswellen bespült und gewaschen werden, damals wie heute herrschten Land- und Seewinde, damals wie heute mussten sich Dünen und Watten bilden. Immer war Denudation und Auflagerung in der vegetationslosen Wüste dieselbe, immer flossen die Gletscher vom Hochgebirge herab, stets mussten sie ihre Moränen nach denselben Gesetzen ablagern.

Wenn die Organismenwelt nicht wäre, so würden daher auch immer dieselben Gesteinstypen gebildet worden sein, und würden alle mechanischen und vulkanischen, und viele chemischen Ablagerungen zwar an verschiedenen Stellen der Erdrinde, aber mit denselben wesentlichen Eigenschaften entstanden sein; dass dem nicht so ist, dass die Gesteinsreihe seit dem Cambrium immer andere Charaktere aufweist,

dass nur wenige Gesteinstypen stets dieselben physiographischen Merkmale besitzen, — das ist eine Folge der Umwandlung der Organismenwelt.

Jeder sammelnde Geologe weiss, dass er bestimmte Thierreste in bestimmten Gesteinsvarietäten zu finden sicher ist; an kleinen Merkmalen des Gesteins erkennt er den wahrscheinlichen Fossilgehalt.

In diesen wohlbekannten Thatsachen liegt aber ein sehr wichtiges Princip verborgen: Wenn in der Gegenwart bestimmte Pflanzen und Thierarten spezifische lithogenetische Wirkungen ausüben, und wenn im Laufe der Erdgeschichte diese Arten ihre Artcharakter verändert haben, so müssen sich die lithogenetischen Wirkungen der organischen Welt beständig verändert haben.

Es giebt Gesteine, welche in allen Formationen vom Cambrium bis zur Gegenwart mit ziemlich gleichbleibenden Charakteren gefunden werden, wir nennen sie Dauergesteine und glauben der Vermuthung Raum geben zu dürfen, dass ihre Bildung wesentlich von allgemeinen klimatischen Bedingungen abhängig war. Daneben aber finden wir Gesteine, deren historische Verbreitung auf einen bestimmten Abschnitt der Erdgeschichte beschränkt ist, und die wir als Leitgesteine bezeichnen. Sofern diese Gesteine nicht der Metamorphose ihre Eigenschaften verdanken, scheint die Annahme naheliegend, dass sie ihre Charaktere durch spezifische organische Processe erhielten.

Es würde uns zu sehr in das Detail erdgeschichtlicher Probleme hineinführen, wenn wir diese Gedanken an der Hand zahlreicher specieller Beispiele durchführen wollten. Unsere Aufgabe an diesem Ort kann es nur sein darauf hinzuweisen, dass eine Reihe von lithogenetischen Thatsachen nach denselben Gesichtspunkten beurtheilt werden muss, wie eine Reihe von Versteinerungen beurtheilt wird; und dass die Erdgeschichte nicht allein die Stammbäume der Pflanzen und Thiere zu enthüllen bestrebt sein soll, sondern auch die Welt der todtten Gesteine mit dem lebendigen Gedanken der Entwicklungslehre durchdringen muss.

32. Die Erdgeschichte — eine Geschichte der Fossilien und der Gesteine.

Als man um die Mitte des vorigen Jahrhunderts begann, die Erdrinde genauer zu untersuchen, und auf Grund sorgfältiger Beobachtung Erdgeschichte zu treiben, waren die „Flötzformationen“ der wichtigste Gegenstand der Untersuchung. Die tektonische Lagerung der Gesteine wurde zum Ausdruck historischer Unterscheidung, und das Wort „Formation“ wurde demgemäss im doppelten Sinne gebraucht: sowohl um eine Summe petrographischer Eigenschaften, wie um einen Zeitabschnitt zu charakterisiren. Das Wort „Buntsandsteinformation“ bezeichnete einerseits buntgefärbte Sandsteine mit thonigen, glimmerreichen Zwischenschichten, auf der anderen Seite aber auch einen bestimmten Abschnitt der Erdgeschichte; und wenn man petrographisch ähnliche Gesteine irgendwo fand, so nahm man keinen Anstand, in ihnen auch zeitliche Aequivalente der unteren Triasperiode zu erblicken. So wurde die Erdgeschichte zu einer Reihe petrographisch verschiedener Gesteine, und Namen wie „Kohlenformation“, „Kreideformation“ sind Ueberbleibsel jener ersten Periode in der Geschichte unserer Wissenschaft. Man kann diese Zeit die Periode der „Leitgesteine“ nennen. Petrographische, mineralogische Untersuchung war damals die vornehmste Aufgabe des Geologen. Mit dem Säurefläschchen in der Hand kartirte er Kalk und Dolomit, mit der Lupe unterschied er feinkörnigen Granit und Porphy, und jedem Gestein wies er seinen sicheren Platz in der Reihe der Formationen an.

Wir haben es mehrfach hervorgehoben, dass sich mit dem Anfang dieses Jahrhunderts der Inhalt geologischer Arbeit gründlich umgestaltete, besonders seit SMITH 1816 den Nachweis führte, dass gleichartige Gesteine durch verschiedenartige Versteinerungen als verschiedenalterig, petrographisch ähnliche Gesteine aber durch gleichen Fossilgehalt als gleichalterig erkannt werden könnten. Statt der mine-

ralogischen und petrographischen Diagnose wurde die paläontologische Untersuchung massgebend, und statt der Leitgesteine gewannen die „Leitfossilien“ in der zweiten Periode der Geologie immer mehr an Bedeutung. Der „old red sandstone“ wurde von dem „new red sandstone“ getrennt; die silurische Grauwacke wurde von der petrographisch oft sehr ähnlichen cambrischen Grauwacke unterschieden, und immer tiefergreifender wurde der Einfluss der Paläontologie. Die Legende der geologischen Karte, welche anfangs nur petrographische Unterschiede zum Ausdruck gebracht hatte, enthielt immer mehr thiergeographische Bezeichnungen. Nehmen wir irgend eine geologische Uebersichtskarte zur Hand, so sehen wir in den meisten ihrer Farben nicht Gesteinsunterschiede, sondern Faunenunterschiede, und so sehr hat man sich an dieses Verhältniss gewöhnt, dass man es kaum für nöthig hält, den thiergeographischen Charakter der geologischen Karten hervorzuheben und zu betonen, dass die Thiergeographie die wichtigste Hilfswissenschaft der Stratigraphie ist, — denn die ganze stratigraphisch-geologische Arbeit, die ganze Formationslehre handelt von der Verbreitung der Organismen in Raum und Zeit.

Wenn die erste Periode der Geschichte der Geologie unter dem Zeichen der Mineralogie und Gesteinskunde stand, die zweite Periode aber durch den Einfluss der Paläontologie und Thiergeographie charakterisirt wurde, stehen wir jetzt am Anfang einer dritten Periode, und diese neue Zeit ist inaugurirt durch die moderne Entwicklung der Geographie und Oceanologie. Es ist kein Zufall, dass in dem letzten Jahrzehnt, geographische und geologische Arbeit sich so vielfach berühren; es hat einen tieferen Grund, wenn in den Kreisen der Geologen das Interesse für Tiefseeforschung und physische Erdkunde immer mehr zunimmt, dass so manche Abhandlung erscheint, deren Inhalt sich auf dem Grenzgebiet von Geographie und Geologie bewegt.

Die ontologische Methode, deren Bedeutung längst anerkannt war, gewinnt jetzt immer mehr an Einfluss, seitdem das Schleppnetz und das Tiefseeloth den Grund des Meeres erforscht hat, und die geologische Nomenklatur wird durch die physische Erdkunde tiefgreifend umgestaltet. Im lebhaften Kampfe wogen noch die Meinungen hin und wider, neue Gesichtspunkte tauchen auf, neue Probleme werden ein Ziel fruchtbarer Arbeit.

Wenn bisher die Erdgeschichte wesentlich eine Geschichte der versteinierungsfähigen Thiere und Pflanzen war, wenn die paläontologische Betrachtungsweise alle anderen Interessen in den Hintergrund stellte, so ist es eine Forderung der neuen Zeit, dass auch die Sedimentgesteine in den engeren Kreis erdgeschichtlicher Probleme gerückt werden. Mit glänzenden Methoden hat die Petrographie die Eruptivgesteine untersucht, und mit bewunderungswürdiger Sorgfalt ist die Anatomie der krystallinischen Schiefer enthüllt worden. Die Gesteine aber, welche Fossilien enthalten, alle die Schiefer und Sandsteine, die Mergel und Kalke, welche seit dem Cambrium gebildet worden sind, sie harren zum grossen Theil noch der Untersuchung. Ein ungeheures Material erdgeschichtlich werthvoller Thatfachen liegt in diesen vergilbten Akten verborgen; die Lithologie der Sedimentgesteine ist

berufen, nicht nur die Erdgeschichte nachhaltig zu fördern, sondern auch das Räthsel der krystallinischen Schiefer genetisch zu erklären. Neue Wege eröffnen sich der Forschung, schöne herrliche Ziele sind zu erreichen.

Die historische Geologie, welche bisher fast nur paläontologisch behandelt wurde, muss auch lithologisch betrachtet werden; die Geschichte der Erde ist nicht allein eine Geschichte der Münzen, sondern sie sollte eine Kulturgeschichte sein; sie ist nicht nur eine Geschichte der Thier- und Pflanzenarten, sondern auch eine Geschichte der Gesteinsarten. Der Fossilgehalt ist nur eine Eigenschaft der Gesteine, und die anderen petrographischen Charaktere sind von nicht geringerem erdgeschichtlichem Werth.

Solange der heutige Meeresboden unbekannt war, solange die festländischen Ablagerungen der gegenwärtigen Erdoberfläche nicht lithogenetisch erforscht wurden, fehlte es der Gesteinskunde an dem recenten Vergleichsmaterial; und während die ontologische Methode theoretisch überall als vollberechtigt anerkannt wurde, standen ihrer praktischen Anwendung gewichtige Mängel hindernd im Wege. 1845 begann FORBES seine Untersuchung des Aegäischen Meeres, von Jahr zu Jahr mehrten sich unsere Kenntnisse des Oceans, bis 1876 mit dem Abschluss der Challengerreise die Periode oceanographischer Entdeckungen ihren Gipfelpunkt erreichte.

Eine nicht minder erfolgreiche Entdeckungsperiode vollzog sich auf geographisch-geophysischem Gebiet. Die Phaenome der Gletscherbildung, die Vorgänge der Abrasion, das Problem der Strandverschiebung, die Bildung der Sandlager in den Wüsten, die Entstehung der Korallen, kalke, die Lössanhäufungen der Steppen und die Laterite des Tropenlandes wurden mit lebhaftem Eifer untersucht; und während die Geologie einen ungeahnten Fortschritt auf geographischem Gebiet inaugurierte, wurde durch die moderne Oceanographie und Geographie das Forschungsgebiet geologischer Probleme umfassend erweitert.

Indem ein Einzelner es unternimmt, diese Fülle verschiedenartiger Ergebnisse zu einem Gesamtbild zu vereinigen, den ungeheuren Stoff zu ordnen und der erdgeschichtlichen Forschung dienstbar zu machen, ist er gezwungen, so mannichfaltige Wissenszweige zu berücksichtigen, so heterogene Disciplinen heranzuziehen, und sich über so verschiedenartige Erscheinungen ein abwägendes Urtheil zu bilden — dass der Spezialforscher ihm leicht einzelne Fehler wird nachweisen können. Wenn der Verfasser, im vollen Bewusstsein dieser unumgänglichen Schwierigkeiten, trotzdem das Unternehmen begann, und auf die Gefahr in manchem einzelnen Fall nicht das Richtige zu treffen, doch wagte den spröden mannichfaltigen Stoff unter einen grossen Gedanken zusammenzufassen, so geschah es in der festen Ueberzeugung, dass die Erdgeschichte durch die ontologische Methode nur dann nachhaltig gefördert werden kann, wenn das einschlägige Material zusammenfassend bearbeitet, und dem Geologen in handlicher Weise zugänglich gemacht worden ist. An Problemen und grossen, schönen Aufgaben fehlt es der historischen Geologie nicht, reich ist das noch zu erforschende empirische Material der Sedimentgesteine.

Möchte es meinem Buch gelingen, immer weiteres Interesse für diese neuen Probleme zu erregen, und dem Gedanken Bahn zu brechen, dass die Erdgeschichte eine Geschichte der Fossilien und der Gesteine sein soll. Wenn erst die Sedimentgesteine mit derselben Genauigkeit untersucht, und ebenso scharf bestimmt worden sind, wie die vulkanischen Felsarten, dann wird es gelingen, das reiche Thatfachenmaterial auch für die historische Geologie zu verwerthen, und so die Erdgeschichte zu fördern auf Grund der ontologischen Methode.

Index der Gattungsnamen.

- Abatus 319.
 Abra 391.
 Acanella 278 422.
 Acanthascus 250.
 Acanthastraca 275 279
 925.
 Acanthella 246 247 250.
 Acanthephyra 163.
 Acanthochites 440.
 Acanthochiton 440.
 Acanthocyathus 279.
 Acanthocyclus 527.
 Acanthodesmia 234.
 Acanthogorgia 278.
 Acanthometra 234 507.
 Acanthomunna 44.
 Acanthonia 234.
 Acanthopleura 440.
 Acanthopus 131.
 Acanthostaurus 234 242.
 Acanthotrochus 320.
 Acarnus 250.
 Acasta 248 518.
 Accipenser 127.
 Acera 440. 874.
 Acerina 127.
 Aceste 319.
 Acetabularia 107 672.
 Acetes 526.
 Achatinella 175 176.
 Achnanthes 107 131 673.
 Achlya 156 276.
 Achlyonice 167.
 Aciulina 477.
 Aciulites 250.
 Acirsa 440 492.
 Aclisia 143.
 Aclis 363 440.
 Acmaea 118 119 356 361
 374 377 441 875.
 Acrocladia 319 922.
 Actaen 527 920 922.
 Actaeodes 920.
 Actaeon 97 360 364 441
 Actinauge 161.
 Actinia 114 115.
 Actiniscus 131.
 Actinobola 877.
 Actinobolus 397.
 Actinometra 298.
 Actinomma 234 235.
 Actumnus 920.
 Acus 497.
 Adacna 132 367.
 Adamsia 7 39 527 924.
 Addisonia 441.
 Adeona 333.
 Adeouella 333.
 Adeorbis 441.
 Admeto 356 358 360 441.
 Adna 518.
 Aega 31 127 248.
 Aegagrophila 93.
 Aegires 364.
 Acolidella 143.
 Aeolis 143 357 358 359
 360 361 363 365 373
 380 381 874 876 877.
 Aerope 319.
 Aesopus 441.
 Aetheria 134 389 391.
 Aethusa 528.
 Agaricia 268 272 279 673.
 Agassizia 317 319.
 Agilardiella 250.
 Aglaia 521.
 Aglaophenia 7 278 279.
 Agrostis 8.
 Aiptasia 7.
 Akacia 848.
 Akera 363 439.
 Alaba 442.
 Alausa 127.
 Alciopie 146.
 Alcippe 518.
 Alcyna 442.
 Alcyonella 332 333.
 Alcyonidium 64 332 334
 875.
 Alcyonium 114 278 926.
 Alderia 361.
 Alecto 118 334.
 Alectryon 442 477.
 Alepas 518.
 Alexia 128.
 Algol 250.
 Alima 152.
 Allomorphina 216.
 Allopore 64 160 270 279.
 Allorchestes 131.
 Alnaster 742.
 Aloa 133.
 Alpheus 246 298 526 527
 917 922.
 Althea 88.
 Alvania 442 490 491.
 Alveolina 216.
 Alveopora 273 279.
 Amalthea 442.
 Amaroecium 391 442.
 Amathia 334.
 Amathina 449.
 Amaura 356 442.
 Amauropsis 359 361 362
 374 442.
 Amblypneustes 313 316 318
 319.
 Amblyrhynchus 95.
 Ammonoconia 250.
 Ammocora 279.
 Ammodendron 794.
 Ammodiscus 216.
 Ammodytes 76 114.
 Ammolythus 250.
 Ammophila 88.
 Ammosolenia 250.

- Amnicola 134.
 Amoebobacter 680.
 Amorphina 189 249.
 Amphianthus 168.
 Amphibleptula 250.
 Amphiblestrum 333 334.
 Amphibola 373.
 Amphibrachium 235 248.
 Amphicoryne 217.
 Amphidesma 115 203 391.
 Amphidetes 319.
 Amphihelia 279.
 Amphilepis 167.
 Amphilectus 250.
 Amphilonche 146 235 507.
 Amphioxus 121.
 Amphipholis 302.
 Amphiroa 671.
 Amphispheara 235.
 Amphispheya 363 442 875.
 Amphistegina 172 210 211
 216 673 888.
 Amphitoe 874.
 Amphitrite 876.
 Amphitura 30 118 166 167
 257 302.
 Amphius 250.
 Amphiblestrum 334.
 Amphoridium 568.
 Amphoriscus 250 251.
 Ampullaria 91 95 439
 442.
 Amussium 391 392.
 Anabaina 249.
 Anabas 95.
 Anacardium 82.
 Anachis 442 454.
 Anadora 438.
 Anadyomene 107.
 Ananixilla 251.
 Ananchytes 710.
 Anarthropora 334.
 Anatina 190 361 372 374
 376 392 443.
 Anatinella 372 373.
 Anaulax 443.
 Ancilla 443.
 Ancillaria 371 372 374 375
 443.
 Ancorina 251.
 Aneula 360 363 875.
 Ancyclus 443.
 Anelasma 518 671.
 Andromeda 753.
 Anemonia 7.
 Anguilla 127 853.
 Angulus 392.
 Ankyroderma 320.
 Anochanus 318.
 Anodonta 77 388 389 392
 763.
 Anomalina 210 217.
 Anomalocardia 380 384.
 Anomia 71 98 101 114 117
 118 357 359 361 364
 377 381 385 389 392
 890.
 Antalis 443.
 Antares 251.
 Antedon 20 31 51 55 75 76
 116 122 160 166 168
 204 296 297 298.
 Antelminella 141.
 Antennarius 143 513.
 Antennularia 30.
 Anthaestra 677.
 Anthaestraea 251.
 Anthea 7.
 Antheomorpha 108.
 Anthipates 926.
 Anthocorys 235.
 Anthocyrtis 235.
 Anthomastus 275.
 Anthura 524 873.
 Antillia 279.
 Antipathes 279.
 Anuraea 135.
 Anuropis 43.
 Aphrocallistes 251.
 Aphrodite 114 302.
 Aphyonius 159 161.
 Aplustrum 443.
 Aplysia 116 364 365 367 369
 371 380 384 439 917.
 Aplysilla 246 247 249.
 Aporhais 75 443.
 Appendicularia 59.
 Apus 524.
 Arachnactis 268.
 Arachnoides 318.
 Arachnosphaera 235.
 Arbacia 316 317 319.
 Arca 31 33 63 91 114 115
 116 117 118 122 160
 353 357 361 364 366
 369 371 373 377 380
 381 384 386 389 393
 394 438 918 919 921
 924.
 Arcestes 510 511.
 Archaster 302.
 Archicapsa 235.
 Archicircus 235.
 Archicorys 235.
 Architeuthis 360.
 Arcinella 394.
 Arcopagia 380 384.
 Arcturus 525.
 Arenaria 88.
 Arenicola 113 114 674
 873.
 Argillaecia 521.
 Argiope 347 348.
 Argobuccinum 489.
 Argonanta 373 383 511 512
 513.
 Argopatagus 319.
 Argyroneta 8.
 Aricia 114.
 Aristeus 526.
 Artemia 130.
 Artemis 394.
 Artemisia 88.
 Artemisina 251.
 Arthrocladia 37.
 Articulina 217.
 Arundo 752.
 Asaphis 373 384 394.
 Ascetta 251.
 Aschemonella 217.
 Ascidia 114 874 877 922.
 Asclepias 705.
 Asconema 251.
 Ascopodera 334.
 Asellus 524.
 Aspergillum 372 373 374
 389 918.
 Aspicula 568.
 Aspidodiadema 319.
 Aspidomma 235.
 Aspidostoma 334.
 Aspidosiphon 276 286.
 Asplanchna 135.
 Astacus 9 158.
 Astarte 117 118 119 357
 358 359 360 362 363
 365 382 385 394 395
 699 875.
 Aster 88 763.
 Asteracanthion 302 874 876
 Asterias 75 76 114 301 302
 303.
 Asterina 116 303.
 Asteriscus 303 919.
 Asteromphalus 967.
 Asterope 521.
 Asthenosoma 161 317 318
 320.
 Astraea 274 280 285 896
 912 925 949.
 Astraecopora 280.
 Astraecosmilia 29.
 Astragalus 88.
 Astrangia 280.
 Astrella 251.
 Astrictypeus 318.
 Astrogonium 303.
 Astrolithium 235.
 Astropecten 53 303 887 922.
 Astrophura 303.
 Astropyga 319 320.
 Astroliza 217.
 Astylus 280.
 Astyris 443 444.
 Atactodiscus 235.
 Atelocerinus 209.
 Atelopops 158.
 Athanas 921 922.
 Athenea 303.

- Athenoides 303.
 Atherina 133.
 Atlanta 147 671 965.
 Atolla 161.
 Atretia 348.
 Atriplex 88 763.
 Atya 127.
 Atylus 248.
 Atya 444.
 Aulacantha 235.
 Aulascus 251.
 Aulocalyx 251.
 Aulochone 251.
 Aulocystis 251 252.
 Aulospaera 236.
 Aulostomum 8.
 Aurelia 61 63 100 146 148.
 Auricula 91 97 115 439 444 847.
 Auriculina 444.
 Avicennia 88 89 90 91 917.
 Avicula 101 373 375 384 386 389 395 919.
 Axia 114.
 Axinea 395.
 Axinella 248 252.
 Axinopsis 395.
 Axinus 357 358 360 364 395 396.
 Axobelia 280.
 Axoniderma 252.
 Azor 412.
 Azorica 252.
 Bacillus 8.
 Bactiastrium 141.
 Baculites 511.
 Bairdia 167 521.
 Balanoptera 680 958.
 Balanites 252.
 Balanoglossus 166.
 Balanophyllia 30 272 273 276 280.
 Balanus 39 63 71 91 97 98 113 114 119 126 127 131 189 201 313 518 519 690 876 924.
 Balticina 280.
 Bangia 92 93 110.
 Bankivia 373 374 375.
 Barbus 135.
 Barentsia 334.
 Barleia 444.
 Barringtonia 82 90 246.
 Basilissa 336.
 Bathelia 280.
 Bathyactis 164 168 269 280.
 Bathybiaster 303.
 Bathyerinus 247 298 299.
 Bathycyathus 280.
 Bathydorus 252.
 Bathygorgia 280.
 Bathynomus 44.
 Bathyonus 159.
 Bathypathes 278.
 Bathypterois 159 161 166.
 Bathysiphon 217.
 Bathytanais 525.
 Beggiatoa 680.
 Bela 356 444 445.
 Belemnitella 710.
 Belone 133.
 Bembix 445.
 Benthaster 167.
 Benthescymus 526.
 Benthenphausia 44.
 Benthodytes 161 167.
 Benthonella 445.
 Benthopecten 303.
 Beroe 59 146 147 148.
 Beryx 80 161.
 Beta 81.
 Betula 851.
 Bezoardica 450.
 Bicellaria 334.
 Biddulphia 68.
 Bifaxaria 167 333 335.
 Biflustra 335.
 Bifrontia 445.
 Bigenerina 209 210 217.
 Biloculina 208 211 217 218 625 965.
 Bilumnus 122.
 Birgus 95.
 Bithynia 134 447 762 767.
 Bittium 128 445.
 Blain bass 135.
 Blakiasier 303.
 Blastotrochus 280.
 Blennius 133 921.
 Blennophis 313.
 Boleophthalmus 95.
 Bolivina 209 218.
 Bonellia 7.
 Bonnamaisonia 111.
 Boreochiton 445.
 Boreofusus 445.
 Boreomysis 44 167.
 Bornella 384.
 Bornetia 37.
 Bornetium 111.
 Bornia 396.
 Borsonia 445.
 Bosmina 129 131 135.
 Bothriocyrtis 236.
 Bothryocampe 236.
 Bouchardia 349.
 Brachytrochus 280.
 Bradycinetus 521.
 Branchipus 130.
 Brettia 335.
 Breynia 316 318 320.
 Brisinga 304.
 Brisingaster 304.
 Brissopsis 316 317 318 320.
 Brissus 318 320.
 Broderipia 371.
 Brugiera 91.
 Bryopsis 50 93 107.
 Bryum 8.
 Buccinopsis 356 445.
 Buccinum 65 66 75 120 132 202 355 356 358 359 360 361 362 363 365 370 377 381 437 438 445 446 518 876 877.
 Bufonaria 446.
 Bugula 333 335.
 Bulimina 209 218.
 Bulimus 950.
 Bulla 75 101 117 118 119 356 359 361 363 367 368 370 374 376 380 384 385 438 439 446 447 917.
 Bullaea 114 118.
 Bullia 368 370 381 382.
 Bunodes 161.
 Bupleurum 88.
 Bushia 396.
 Buskia 335.
 Byssosarca 389.
 Byssomya 389 396.
 Bythocypris 521.
 Bythocythere 521.
 Bythotrephes 131.
 Caberea 335 336.
 Cacospongia 252.
 Cadulus 447 448.
 Caecella 377.
 Caecum 364 367 368 369 379 448.
 Caenopsamma 280.
 Cakile 88.
 Calamocrinus 160 299.
 Calamophora 280.
 Calanus 147 150.
 Calappa 918.
 Calcar 373 374 375 376 378 379 384.
 Calcarina 218.
 Caleschra 336.
 Calianassa 31 114.
 Calliaster 304.
 Calliopaea 363.
 Calliostoma 448.
 Callipelta 252.
 Calliotectum 448.
 Callista 396.
 Callistochiton 448.
 Callithamnium 50 92 249.
 Callocardia 396.
 Callochiton 448.
 Callogaza 448.
 Callozostron 278.
 Calluna 753.

- Calothrix 110.
 Calthropella 252.
 Calveria 320.
 Calymene 320.
 Calyptraea 30 114 369 379
 380 384 385 449.
 Calyptrophora 281.
 Caminus 252.
 Campanula 174 874.
 Campanularia 281 877.
 Camptonyx 924.
 Campylodiscus 755.
 Canarium 496.
 Cancellaria 336 365 366 368
 374 375 376 378 379
 380 441 449.
 Cancer 76 114 527 670.
 Cancilla 475.
 Canda 336.
 Caudeina 211 964.
 Cannobotrys 236.
 Cantharidus 373 375.
 Cantharus 80.
 Capella 41.
 Capitellio 874.
 Caprella 875.
 Capsa 397.
 Capulus 202 297 364 439
 449 924.
 Caranx 190.
 Carbacea 336.
 Carcharias 82 563 676.
 Carcharodon 676 958.
 Carcinus 61 527 874.
 Cardilia 372.
 Cardiomya 402 417.
 Cardiosoma 527 528.
 Cardita 31 33 115 116 117
 118 362 366 369 370
 373 376 377 381 382
 385 397 918.
 Carditella 397.
 Cardium 26 30 31 32 33
 59 63 65 66 75 76 114
 115 116 117 118 119
 128 129 132 190 191
 202 203 353 357 358
 359 360 361 362 363
 364 366 367 369 370
 373 375 377 378 379
 380 381 384 386 389
 391 397 398 399 699
 706 853 873 874.
 Carex 753.
 Carinaria 145 366 671
 965.
 Carpenteria 74 172 209
 218.
 Carpilus 527.
 Carposanium 236.
 Caryosphaera 236.
 Caryophyllia 30 116 118
 269 276 281 351 889.
 Caryosphaera 236.
 Cassia 82 848.
 Cassidaria 365 366 438 450
 889.
 Cassidula 450.
 Cassidulina 209 211 218.
 Cassiopeia 7.
 Cassis 365 366 374 375 376
 383 385 438 450 527
 889.
 Castalia 874 875.
 Casuarina 90.
 Catablenia 148.
 Catapagurus 55 527.
 Catenaria 336.
 Catenella 110.
 Catenicella 336.
 Catophragmus 519.
 Catopygus 320.
 Caudona 520.
 Caulastraea 281.
 Caulerpa 27 107 115 116
 172.
 Caulocalyx 252.
 Caulophacus 252.
 Cavolinia 506 507 965.
 Cellaria 116 336.
 Celtepora 116 336 337.
 Cellularia 337.
 Cenellipsis 236.
 Cenosphæra 236.
 Centaurea 88.
 Centrostephanus 316 317
 318.
 Cephalotrix 876.
 Ceratias 159 161.
 Ceratisolen 369 399.
 Ceratium 129 135 142.
 Ceratocephalus 525.
 Ceratocoryx 142.
 Ceratocyathus 281.
 Ceratopsis 278.
 Ceratoneis 131.
 Ceratotrochus 160 269 281.
 Cerelasma 252.
 Cerochalina 246 247.
 Cereus 780.
 Ceriactis 7.
 Cerianthus 31 161.
 Ceriodaphnia 132.
 Cerithiopsis 359 362 364
 450.
 Cerithium 30 33 66 101
 114 115 116 117 118
 119 130 132 190 363
 366 368 369 370 372
 374 376 379 380 381
 384 385 439 450 451
 477 847 876 889 916
 917 919 922.
 Cestracion 121.
 Chaena 372.
 Chaetaster 53 304.
 Chaetoceras 141 676.
 Chaetolepas 519.
 Chaetomorpha 107.
 Chaetopleura 451.
 Chaetopterus 7 674.
 Chalaraspis 44.
 Chalidis 364.
 Chalina 252.
 Chalinula 253.
 Chama 71 98 101 115 119
 190 366 369 373 381
 384 399 919.
 Chamaesipho 519.
 Chamaetrachaea 399.
 Chamaostereus 273 374 376.
 Chara 672 768 779.
 Characella 253.
 Cheilinus 190 669.
 Cheiraster 304.
 Chelidonura 452.
 Chelonia 144.
 Chelonobia 519.
 Chemnitzia 356 363 381
 384 452.
 Chenopodia 88.
 Chenopodium 763.
 Chenopus 30 356 360 361
 362 364 368.
 Chiasmodes 162.
 Chicoreus 476.
 Chilostomella 219.
 Chione 399.
 Chirodota 329.
 Chironectes 80.
 Chiton 71 95 113 115 117
 119 128 202 203 204
 359 359 360 361 362
 365 366 367 371 372
 373 374 375 376 378
 379 380 381 382 384
 385 437 439 452 453
 835 876 916.
 Chitonaster 304.
 Chitonellus 384.
 Chlamidota 453.
 Chlidonia 337.
 Chlorodius 527 916 920
 922.
 Chlorostoma 378.
 Chondrilla 247.
 Chondrocladia 253.
 Chondrosia 30.
 Chone 876.
 Chonelasma 253.
 Chorizopora 337.
 Chromatium 680.
 Chromis 134.
 Chroococcus 673.
 Chrotella 248 253.
 Chrysalidina 219.
 Chrysimenia 116.
 Chrysodium 90.
 Chrysodinus 377 453.

- Chrysophrys 669.
 Chthahnius 519.
 Cichoreus 453.
 Cidaris 116 204 312 314
 316 320 323 353 922.
 Cilicia 64 269.
 Cinachyra 246 248 253.
 Cingula 320 453.
 Cingulina 474.
 Cintha 453.
 Ciocalyptra 253.
 Cloniscus 453.
 Circe 30 190 372 373 399.
 Circulus 453.
 Cirratulus 114.
 Cirroteuthis 355.
 Cirsotrema 492.
 Cistella 348 349 385.
 Cithara 371.
 Cladocarpus 278 281.
 Cladococcus 236.
 Cladocora 7 115 204 281.
 Cladonia 568.
 Cladophora 93 107 110.
 Cladorhiza 253.
 Clanculus 365 366 367 368
 370 372 373 374.
 Clathria 253.
 Clathurella 453 454.
 Clava 875.
 Clavagella 366 373 374 388
 399.
 Clavella 371 379.
 Clavularia 278.
 Clavulina 219.
 Cleithra 519.
 Clementia 372 373 399.
 Cleodora 147 506 508.
 Clibanarius 918 919 923.
 Clidiophora 454.
 Clio 147 355 507 508 965.
 Cliona 249 253 357.
 Clionella 454.
 Clitellio 874.
 Clupea 190.
 Clymena 674.
 Clymenia 509 510 920.
 Clypeaster 314 316 317 318
 320 321 922.
 Clypidella 384.
 Cnemidaster 304.
 Coccodiscus 236.
 Coccosphaera 139 140 670
 956.
 Cocculina 454.
 Cochloceras 511.
 Cochlodisma 361 364 385.
 Cochlolepas 374.
 Cocos 82 965.
 Codium 107 116.
 Colonium 148.
 Coloclypeus 321.
 Coelodendrum 236.
 Coelodon 400.
 Coelopleurus 317.
 Coeloria 20 281 707 899
 907 908 913 924 925.
 Coelosmilia 269 281.
 Coenobita 527 847.
 Coenopsammia 281 924 926.
 Colangia 281.
 Collinella 253.
 Collosphaera 236.
 Collozoum 236.
 Colobocentrotus 314 316 317
 318.
 Colochirus 329.
 Colpaster 304.
 Colpophyllia 281.
 Cereus 919.
 Columbella 33 66 115 119
 356 359 361 366 367
 369 370 372 374 379
 382 383 385 454 455
 919 922.
 Comatula s. Antedon.
 Comephorus 133.
 Cominella 374 375 455.
 Conchoderma 519 671.
 Concholepas 380 519.
 Conocypus 321.
 Conomitra 455.
 Conopora 282.
 Conotrochus 282.
 Conradia 455.
 Conulus 455.
 Conus 41 66 115 367 370
 371 372 374 376 378
 379 383 385 438 455
 456 921 922 924.
 Convoluta 7.
 Coppatias 253.
 Coptodon 133.
 Corallina 50 108 114 115
 415 671 919 929.
 Coralliamorphus 168.
 Coralliophaga 364.
 Coralliophila 456.
 Corallistes 253 677.
 Corallium 68 282 348 351
 674 889.
 Corambe 143.
 Corax 676 958.
 Corbicula 133 367 389.
 Corbula 31 116 117 118
 363 366 369 376 377
 378 379 383 384 385
 389 400 438 876.
 Corbulomya 128.
 Cordylophora 64 126 127
 131.
 Coregonus 133 161.
 Cornuspira 208 213 219.
 Cornutella 236.
 Coronaxis 456.
 Coronula 519.
 Corophium 41 132 873.
 Corticium 253.
 Coryne 114.
 Coryphaena 82 145.
 Coscinaraea 282.
 Coscinoderma 253.
 Coscinodiscus 141 676 966
 967.
 Cottaldia 321.
 Cottus 129 133.
 Couthouyia 456.
 Crambessa 63.
 Cranchia 152 367.
 Crangon 41 873.
 Crania 117 119 347 349
 357 364 385.
 Craniella 254.
 Craniopsis 456.
 Craniopsis 488.
 Craspedochilus 456.
 Craspedopoma 175.
 Craspedotus 456.
 Craspidaster 304.
 Crassatella 361 369 373 375
 384 400.
 Crateriospongia 247.
 Crateromorpha 254.
 Crenaster 304.
 Crenatula 373 400.
 Crenella 119 357 359 361
 362 363 364 377 390
 400 401 875 876.
 Crenidens 190 669.
 Crepidula 361 366 368 371
 377 379 380 381 382
 384 385 432 456.
 Creseis 143 506 507 508.
 Cribrella 53 304.
 Cribrillina 337.
 Crinorhiza 254.
 Crisia 64 332 337 875.
 Cristatella 332 333.
 Cristellaria 209 211 219.
 Crithnum 88.
 Cromyomina 236.
 Cromyosphaera 563.
 Cronia 488.
 Crossaster 304.
 Crosssea 456.
 Crossophorus 521.
 Crucibulum 361 457.
 Cruriopsis 39 110.
 Cryptocapsa 237.
 Cryptocephalus 237.
 Cryptochirus 285 295 925.
 Cryptochiton 378.
 Cryptocope 43.
 Cryptodon 401.
 Cryptohelia 164 269 282.
 Cryptolaria 282.
 Cryptolepas 519 671.
 Cryptophialus 519.
 Cryptoplax 457.

- Ctenodiscus 53 304 305.
 Cucullaea 372 389.
 Cucumaria 31 161.
 Cucurbita 81 82.
 Culeita 305.
 Culeolus 166.
 Cultellus 369 372 402.
 Cnma 876.
 Cuningia 379 385 402.
 Cupularia 337 889.
 Cuspidaria 402.
 Cuthona 143.
 Cuvierina 965.
 Cyamium 359 365 381 402.
 Cyanea 146 874.
 Cyanosoma 321.
 Cyathella 254.
 Cyathohelia 273 282.
 Cyathotrochus 282.
 Cycas 60.
 Cycethra 305.
 Cycias 77 388 389 402 763.
 Cyclax 920 924.
 Cyclocardia 402.
 Cyclonassa 128.
 Cyclope 366.
 Cyclops 8 129 135 917.
 Cyclopterus 129 149.
 Cycloseris 282.
 Cyclostoma 437 754.
 Cyclostomella 337.
 Cyclostrema 360 368 457.
 Cydippe 147.
 Cydonium 254.
 Cyema 159.
 Cylicina 357 358 359 364
 457 458 876.
 Cylicia 282.
 Cylindra 371.
 Cylindraceum 337.
 Cylindrobulla 384 458.
 Cylene 368 371.
 Cymatoica 402.
 Cymba 458.
 Cymbalopora 211 964.
 Cymbium 365 367 368.
 Cymbulia 366.
 Cymo 922.
 Cymodocea 91 186 917.
 Cynopolia 30 672.
 Cynarina 282.
 Cynthia 31 875.
 Cyphanta 237 240.
 Cyphastraea 29 282.
 Cyphinus 237.
 Cyphonium 237.
 Cypraea 98 101 115 360
 364 366 368 370 372
 374 375 378 379 380
 383 438 458 921.
 Cypriocardia 372 373 402.
 Cypriidina 522.
 Cypripopsis 520 521.
 Cyprina 357 359 363 365
 389 402 876.
 Cyprinodon 133 134 917.
 Cyprinus 133.
 Cypris 162 520 521 671 780.
 Cyrena 91 133 389 402 847.
 Cyrtaulon 254.
 Cyrtocalpis 237.
 Cyrtocapsa 237.
 Cyrtodaria 402.
 Cyrtophormis 238.
 Cystechinus 161 167 321.
 Cystisoma 151.
 Cystispongia 254.
 Cistoceira 116.
 Cystosira 37.
 Cythere 132 167 201 521 522
 957.
 Cytherea 75 117 369 373 377
 380 384 385 402 403
 520 918.
 Cytherella 522.
 Cytheridea 520 521 522.
 Cytherideis 521 522.
 Cytheropteron 167 521 522.
 Cytherura 521 522.
 Dacrydium 163 357 403 458.
 Dactylocalyx 254.
 Dactylopterus 143.
 Dactyliosolen 141.
 Daphnella 129 132 381 453
 454 459.
 Daphnia 8 61 129 132 134
 135 162.
 Dasybranchus 920.
 Dasygorgia 278.
 Datnioides 133.
 Davila 403.
 Decipula 403.
 Defrancia 31 337 459.
 Deima 161.
 Delesseria 111.
 Delphinula 371.
 Delphinus 958.
 Deltocyathus 168 282 283.
 Dendrogyra 283.
 Dendronotus 358 359 363.
 Dendrophyllia 283.
 Dendrilla 246.
 Dendritina 219.
 Dendronotus 877.
 Dendrophrya 219.
 Dendropsis 254.
 Dendrotion 524.
 Dentalina 209 219 625.
 Dentalium 39 116 117 118
 119 166 269 356 360
 364 365 366 373 378
 459 460.
 Denticula 789.
 Dercitus 254.
 Dermatomya 403.
 Dermocarpa 110.
 Desis 173.
 Desmacella 254.
 Desmacion 254.
 Desmophyllum 270 273 283.
 Desmoscyphus 283.
 Desmonlia 368.
 Diachoris 338.
 Diachoseris 338.
 Diadema 119 314 316 317
 321 922 949.
 Diadora 460.
 Diagramma 669.
 Diale 442.
 Dianthus 88.
 Diaphana 460.
 Diaphorodon 240.
 Diaptomus 134 135.
 Diartula 254.
 Diaseris 29 272 283.
 Diastopora 64 332 338.
 Diastylis 834.
 Dichelaspis 518 519.
 Dicolocapsa 237.
 Dicotylus 131.
 Dieranum 8.
 Dictyastrium 237.
 Dictyocalyx 255.
 Dictyocephalus 237.
 Dictyochea 115 142 507.
 Dictyocoryne 237.
 Dictyomenia 116.
 Dictyonitza 237.
 Dictyophimus 237.
 Dictyoplegma 237.
 Dictyopodium 238.
 Dictyopsyris 238.
 Didaena 132.
 Didus 951.
 Didymodon 654.
 Diloma 374.
 Dimetopia 338.
 Dimorphina 220.
 Dinobryon 135.
 Dinophysis 129 507.
 Diopatra 51.
 Diphasia 283.
 Diplacodium 255.
 Diplactura 238.
 Diplocyathus 283.
 Diplodonta 366 373 376 377
 403 404.
 Diplohelix 283.
 Diploria 272 275 283.
 Diporula 338.
 Diplophacra 238.
 Dischides 460.
 Discina 166 347 348 349
 350 354 372 380 381
 385 701.
 Discodermia 248 255 343.
 Discoscigera 338.
 Discopora 338.

- Discoporella 338.
 Discorbina 209 220.
 Discospira 238.
 Didymocytis 238.
 Diplocous 238.
 Discosoma 924.
 Distephanus 238.
 Distichopora 283 284.
 Disyringa 255.
 Ditrupa 119.
 Dolabella 370 371 917.
 Dolabrifera 384.
 Doliolum 150.
 Doliolum 119 366 371 376
 379 383 385 438 460
 889 924.
 Domosiera 284.
 Donax 114 115 191 364 366
 369 370 371 380 384
 385 404 525.
 Dorataspis 238.
 Doridium 366 384.
 Doriopsis 246.
 Dorippe 528 887.
 Doris 31 97 113 114 246
 357 359 360 363 365
 373 381 384 874 875
 917 919 921.
 Dorocidaris 30 53 316 317
 321 518.
 Dorvillia 255.
 Dosinia 360 364 369 373
 376 377 380 404.
 Doto 143 359 360 364.
 Dragmastra 255.
 Dreissena 126 127 367 389
 404.
 Drillia 376 378 461.
 Dromia 248 528.
 Drosera 843.
 Druppa 238.
 Druppula 238.
 Duncania 284.
 Dunkeria 461.
 D'Urvillia 172.
 Dynamena 874.
 Dysidea 255.
 Dytaster 305.
 Eatoniella 461.
 Ebalia 31.
 Eburna 371 374 376 461.
 Echeneis 148.
 Echinanthus 316 321.
 Echinarachnius 305 316 318
 321.
 Echinaster 30 305.
 Echinocardium 7 53 316 317
 321 322.
 Echinocidaris 53 322.
 Echinoclathria 255.
 Echinocrepis 322.
 Echinocyamus 116 316 317
 322.
 Echinodictyum 255.
 Echinodiscus 318.
 Echinolaupus 317 318 322.
 Echinometra 313 314 316
 317 322 918 921 949.
 Echinoneus 317 322.
 Echinophyllia 284.
 Echinopora 29 284 925.
 Echinorhachnius 322.
 Echinostrephus 316 317.
 Echinothrix 317 322.
 Echinus 116 119 204 312
 313 316 317 318 322
 323 876 921.
 Echiostoma 166.
 Ecionema 255.
 Ectocarpus 110.
 Edwardsia 877 919.
 Eglisia 365 368.
 Eilhardia 255.
 Electra 338.
 Eledone 366.
 Elenchus 373 374.
 Eleotris 921 923.
 Elminius 519.
 Elpidia 167.
 Elynus 88 839.
 Elysia 361 363 874 875.
 Emargiula 116 117 202
 360 363 364 461 462.
 Einbletonia 361 875.
 Emma 338.
 Empetrum 843.
 Encina 462.
 Encope 316 323.
 Encyonema 673.
 Engraulis 133.
 Enhalus 91 186.
 Enhymenia 703.
 Enida 462.
 Enoplus 189.
 Ensatella 404.
 Ensis 404.
 Entada 82 851.
 Entalis 462.
 Eutalophora 338.
 Enteromorpha 107.
 Entzia 209 220.
 Eolidia 114.
 Eolis 97 438 917. s. Aeolis.
 Ephedra 81 88.
 Epithemia 780.
 Equisetum 68.
 Erato 462.
 Eretmochelys 144.
 Eretmosparton 794.
 Erica 753.
 Erichthus 152.
 Eriophorum 753.
 Errina 284.
 Ervilia 384 405.
 Erylus 255.
 Eryoneicus 526.
 Erythraea 88 843.
 Eschara 30 31 122 338 339
 674 675 887 889.
 Escharella 339.
 Escharipora 332.
 Escharoides 339.
 Esox 129.
 Esperella 255.
 Esperia 247 255.
 Esperiopsis 255.
 Eteone 874 876.
 Ethmosphaera 238.
 Ethusa 158 527.
 Euactis 392 672.
 Eucharis 145 384.
 Euchelus 373 374 462.
 Euchitonia 238.
 Eucratea 339.
 Eucyrtidium 238.
 Eucyrtis 238.
 Eucythere 521 523.
 Endendrium 248 284 877.
 Eudiocrinus 297 299.
 Eugyra 462.
 Eulalia 874.
 Eulima 117 118 363 462
 463 887 919 921.
 Eulinella 463.
 Eunice 7.
 Eupagurus 527.
 Eupatagus 318.
 Euphyllia 284.
 Euplectella 248 256.
 Eupleura 463.
 Euplocamus 357.
 Euprognatha 55.
 Eurete 256.
 Euridice 63.
 Eurycope 43 525.
 Euryone 30.
 Euryplegma 256.
 Eusmilis 284.
 Euspongia 116 247 256 922.
 Euthria 366 375 376 381
 382 463.
 Eutropia 463.
 Evadne 129.
 Fangophilina 256.
 Faorina 318.
 Farcimmaria 167 339.
 Farrea 256.
 Farrella 339.
 Fasciculipora 339.
 Fasciolaria 115 361 365 366
 369 370 372 379 383
 385 439 463 924.
 Favia 29 273 274 275 284
 374 923.
 Felania 369.
 Fenella 463.

- Fibularia 316 318 323.
 Ficula 379 383 385 464.
 Fieldingia 256.
 Fiona 143 464.
 Fissidens 672.
 Fissurella 31 101 115 117
 132 190 192 202 246
 305 368 369 371 374
 379 380 381 382 384
 385 464.
 Fissurellidaea 382.
 Fissurisepta 360 464.
 Fistulana 390.
 Flabellum 160 273 284.
 Flustra 64 68 122 143 332
 333 339.
 Fluviatrimorpha 340.
 Fossarus 115 365 368 465.
 Foveolaria 340.
 Fragilaria 780.
 Francisia 465.
 Fredericella 332 333.
 Fregata 512.
 Freyella 305.
 Frondicularia 220.
 Frondipora 30 340.
 Fucus 38 50 93 107 110
 114 433 469 471 484
 674 854 873 874.
 Fulgur 385.
 Funaria 8.
 Fungia 29 39 160 272 285
 911 912 926.
 Funiculina 285 323.
 Furcellaria 332.
 Fusus 101 115 116 117 118
 190 202 203 356 357
 358 359 360 361 362
 363 372 373 376 378
 380 381 385 405 466
 518 876.
 Gadina 367 368 466.
 Gadus 129 675 958.
 Galatea 91 127.
 Galaxaura 671.
 Galaxea 29 285 899 926.
 Galeomma 388 405.
 Galerites 312.
 Gaillonella 655.
 Gammaracanthus 132.
 Gammarus 147 162 189 874
 875.
 Ganeria 305.
 Ganesa 466.
 Gasterosteus 133.
 Gastrana 128 369 405.
 Gastrochaena 384 390 405.
 Gastrophanella 256.
 Gaudryina 220.
 Gaza 466.
 Gebia 31.
 Geacarcinus 95.
 Gelasinus 42 91 119 127
 528 847 916 918.
 Gelidium 93 337.
 Gelliodes 256.
 Gellius 256.
 Gemellaria 64 332 340.
 Gemellipora 340.
 Gemma 405.
 Gena 371.
 Genicopatagus 323.
 Gennadius 167.
 Genota 466.
 Geocarcinus 527.
 Geodia 248 256.
 Gerres 609.
 Geryon 670.
 Gibbula 466.
 Glabella 474.
 Glandulina 214 220.
 Glaucomia 372.
 Glaucus 143 145 438 439.
 Glaux 88.
 Gleocapsa 791.
 Gleoteca 791.
 Globigerina 6 23 148 209
 211 212 213 214 215
 220 221 257 507 625
 888 957 964 965 970
 Glomus 405.
 Glottidia 350.
 Glycimeris 357 359 362.
 Glyphisodon 922.
 Glyphocrangon 160 526.
 Glyphostoma 466.
 Gnathaster 305.
 Gnathopausia 160.
 Gobioccephalus 958.
 Gobiocoma 923.
 Gobius 30 42 133 917 921
 923.
 Gomphonema 755.
 Gonatus 355.
 Goniaster 305.
 Goniastrea 29 273 285 925.
 Goniocidaris 314 316 317
 318 323.
 Goniocypris 521.
 Goniodiscus 305.
 Goniodomus 129.
 Goniodoris 116.
 Goniopecten 305.
 Goniopora 285.
 Goniothecium 131.
 Gonodactylus 152 920 922.
 Gonostoma 166.
 Gorgonia 7 68 949.
 Goslerella 141.
 Gouldia 405 406.
 Gracilaria 27.
 Grammaria 285.
 Grammostomum 221.
 Grantia 116 213 256.
 Grapsus 95 119 175 921.
 Griffithia 50.
 Gromia 221.
 Guilbourtia 852.
 Guilandina 81.
 Guitarra 256.
 Guivillea 466.
 Gutulina 211.
 Guyina 285.
 Gwynia 350.
 Gymnetrus 80.
 Gymnobrisinga 305.
 Gypsina 221.
 Gyrosmitia 285.
 Haematopus 839.
 Hagiastrum 238.
 Halcapa 268.
 Halecium 286.
 Halicalyptra 239.
 Halicapsa 239.
 Halichondria 249 257 875
 Halicomena 257.
 Halicore 94 133 951.
 Halicornaria 286.
 Halicyrtus 876.
 Haligemia 73.
 Haliglossa 286.
 Halimeda 107 172 672.
 Halimemon 834.
 Halimonia 37.
 Halionma 239.
 Halionmatidium 239.
 Haliophasma 524.
 Haliotis 98 113 115 365
 370 373 374 375 377
 378 467 921.
 Haliporus 167.
 Halisarca 246.
 Halisiphonia 248 286.
 Halistylis 467.
 Halobates 95.
 Halobatodes 95.
 Halodine 91 186 917.
 Halocypris 523.
 Halophila 91 186 917.
 Halopteris 37 111.
 Halosphaera 138 142 151
 155.
 Haloxylon 794.
 Haminaea 467.
 Hamites 511.
 Haplocarcinus 293.
 Haplophragmium 221 908.
 Haplophyllia 286.
 Haplostiche 221.
 Harpa 368 371 372 467.
 Harpago 467.
 Harpilius 922.
 Harpoceras 511.
 Hastatus 257.
 Hastigerina 148 211 507 964.
 Haswellia 340.
 Hauserina 221.

- Hebella 286.
 Hela 467.
 Helcion 143 380 467.
 Heliactis 7.
 Helianthus 7.
 Heliastrea 275 923.
 Helicion 365.
 Heliodiscus 239.
 Heliopora 286.
 Heliosphaera 239.
 Heliotrichum 143.
 Helisiga 175.
 Helix 8 9 439 950.
 Hemiacis 467.
 Hemiarthrum 467.
 Hemiaster 312 314 316 323 324.
 Hemiocardia 466.
 Hemicardium 372.
 Hemichromis 134.
 Hemiscipus 376 467.
 Hemipecten 371.
 Hemipedina 324.
 Hemipristis 958.
 Hemirampus 133.
 Hemiscipus 370.
 Hepomadus 167.
 Heptactis 919.
 Hernaea 364 384.
 Hernes 468.
 Hermione 31.
 Hernandia 90.
 Hero 360 364.
 Herpetolitha 286 926.
 Hertwigia 257.
 Heterocarpus 160.
 Heterocentrotus 172 316 317 318 324.
 Heterocope 132 135.
 Heterocyathus 286.
 Heteronema 247.
 Heteropegma 257.
 Heteropora 269 286.
 Heteropsammia 276 286.
 Heterostegina 211 221.
 Hexactinia 257.
 Hexastylus 239.
 Hiatella 202 406.
 Hildebrandtia 110.
 Hinrites 379 406.
 Hippasteria 305.
 Hippocampus 51.
 Hippocrepina 221.
 Hippokrene 148.
 Hippolyte 875 918 921 922.
 Hipponoe 317 324.
 Hipponyx 384 439 468.
 Hippopus 372.
 Hippospongia 257.
 Hippothoa 340.
 Hircinia 7 247 249.
 Hislopia 332.
 Histioneis 142.
 Histiotenthis 366.
 Holaseus 257.
 Holopneustes 318 324.
 Holopsammia 257.
 Holopus 290.
 Holothuria 7 114 320 921 922.
 Holtenia 257.
 Homala 468.
 Homalogyra 364 468.
 Homarus 525 526.
 Homocladia 107.
 Homolampas 317 324.
 Hoplaster 305.
 Hornera 116 340.
 Huenia 920.
 Hyalaea 147 507 508.
 Hyalocylix 507 508.
 Hyalonema 165 248 257 258.
 Hyalostylus 258.
 Hydatina 468.
 Hydriophora 29 272 286 869 911 925.
 Hydra 7.
 Hydractinia 286 674 876.
 Hydrasterias 305.
 Hydrobia 134 356 359 363 367 381 382 468.
 Hydrodictyum 116.
 Hymenaster 160 167 306.
 Hymeniacion 258.
 Hymeniacidon 239.
 Hymenodiscus 306.
 Hymenophylla 258.
 Hyocerinus 298 299.
 Hypanthea 286.
 Hyperammia 221 222.
 Hyperia 148.
 Hyphaster 306.
 Hypheothrix 249.
 Hypnum 654 742 753.
 Hypobythus 166.
 Hypochaeris 8.
 Hypocystis 340.
 Hypoglossum 111.
 Hypophorella 333.
 Iacra 427.
 Jaculella 222.
 Jaera 524 873.
 Jania 108.
 Jauria 373 376.
 Janthina 143 145 359 438 439 468 513 514.
 Jasione 843.
 Javanica 287.
 Ibla 519.
 Ichthyaria 340.
 Iconaster 306.
 Idalia 364.
 Idus 406.
 Idmonea 118 340.
 Idothea 7 41 42 126 132 143 524 834 874.
 Jeffreysia 360 363 468.
 Jercopsis 258.
 Ilyanassa 468.
 Ilyanthus 30.
 Ilyaster 306.
 Imbricaria 371.
 Impages 469.
 Imperator 371.
 Inachus 30 114 122 528.
 Inga 848.
 Inia 94.
 Joaniella 258.
 Jolanthe 43.
 Jonaspis 568.
 Jonesia 523.
 Jopas 469.
 Jophon 258.
 Jouvannetia 369 372.
 Iphigenia 384.
 Iphitus 469.
 Ipnops 159 161.
 Ipomaea 90.
 Iris 795.
 Isactis 569.
 Isauda 372.
 Ischnochiton 469.
 Ischnosoma 43.
 Isidora 469.
 Isis 159 674.
 Isocardia 406.
 Isodictya 258.
 Isophyllia 272 275 287 899.
 Isops 258.
 Julia 406.
 Julius 669.
 Jumala 469.
 Juncus 839.
 Jungermannia 672.
 Juniperus 753 851.
 Kellia 115 118 202 350 364 379 388 389 406.
 Kolliella 407.
 Kinetoskias 341.
 Kocklorine 519.
 Korethraster 306.
 Kraussina 350 371 375.
 Krihe 167 201 523 957.
 a. auch unter C.
 Labrax 190.
 Lachesis 469.
 Lacuna 118 356 359 361 365 378 469 874 875.
 Lacunella 469.
 Laeocochlis 470.
 Laevicardium 407.
 Lafoea 287.
 Laganum 316 317 318 324.
 Lagenia 208 211 222.
 Lambrus 122.

- Lamellaria 356 361 381
 470.
 Laminaria 38 53 108 415
 469 470 491 569.
 Lamna 676 957.
 Lampiris 80.
 Lamprocystis 680.
 Lanistes 134.
 Laqueus 350.
 Larix 851.
 Larus 852.
 Lasaea 360 371 377 382
 407.
 Lasiaster 306.
 Latrunculia 246 258.
 Laurencia 93.
 Lavignon 383.
 Lecidea 568.
 Lesla 119 357 358 364 365
 369 371 378 380 381
 383 407 408.
 Ledum 843.
 Leioschara 341.
 Leiobolidium 258.
 Leiodermatium 258.
 Leiopus 43.
 Lementina 439.
 Lepas 17 82 143 148 519
 671 688 852.
 Lepeta 143 356 361 364
 378 470.
 Lepidogaster 76.
 Lepidophora 287.
 Lepidopleurus 470.
 Lepidoradsia 470.
 Lepralia 116 122 333 341
 674.
 Leptastraea 29 287 923
 924.
 Leptochiton 470.
 Leptoclinum 341.
 Leptocnchus 470.
 Leptoconus 455.
 Leptocyathus 269 287.
 Leptodora 132.
 Leptogonaster 306.
 Leptogorgia 278.
 Leptomera 41 875.
 Lepton 364 365 408.
 Leptopenus 287.
 Leptoptychaster 306.
 Leptoria 273 287 925.
 Leptoseris 273 287.
 Leptothrix 655.
 Lessepsia 189.
 Lithrinus 609.
 Lencetta 258.
 Leucifer 526.
 Leucilla 258.
 Leucodore 876.
 Leuconia 258 259.
 Leucosolenia 259.
 Leucosyrinx 470.
 Leucothoe 246.
 Leucotina 470.
 Liagora 671.
 Libinia 527.
 Lichenopora 341.
 Liemophora 106.
 Lieterella 287.
 Lieberkühnia 222.
 Ligula 116 117 118 408.
 Lima 31 114 116 117 118
 119 122 202 362 363
 364 366 382 389 399
 408 409 703.
 Limacina 59 147 355 357
 506 507 965.
 Limaea 470.
 Limatula 357 410.
 Linnaea 133.
 Linnaeus 9.
 Linnicythere 131 521.
 Linnocalanus 132.
 Linnocodium 125 131.
 Linnotrochus 132 134.
 Limopsis 373 382 410.
 Limulus 76 121 524 528.
 Linaria 843.
 Linckia 301 306.
 Lingula 121 347 348 350
 369 372 377 379 380
 385 386.
 Lingulina 222.
 Linopenstes 324.
 Linteria 371.
 Linthia 318.
 Lioetomia 470 471.
 Liothyris 347 348 350 351.
 Liotia 371 374 471.
 Liponema 168.
 Lissa 528.
 Lithelins 239.
 Lithobotrys 239.
 Lithocampe 239.
 Lithochytris 239.
 Lithocircus 239.
 Lithoconus 455.
 Lithocubus 239.
 Lithocyelia 239.
 Lithodomus 71 97 115 365
 366 369 376 378 381
 383 384 390 410 411
 923.
 Lithoglyphus 132 134 367.
 Lithomelissa 239.
 Lithophyllia 273 287.
 Lithophyllum 37 39 108
 110 671 928.
 Lithornidium 240.
 Lithothamnium 37 39 108
 110 122 671 672 706
 887 929.
 Litopa 143 439 471.
 Littorina 41 65 77 91 95
 97 114 115 118 128
 130 173 174 356 359
 361 363 365 368 369
 370 374 375 376 377
 378 379 380 384 385
 437 439 471 873 874
 875 916 918.
 Littorinella 471.
 Lituola 208 222 965.
 Lobiger 366 348.
 Lobularia 131.
 Lolligo 40 144 361 363 383
 385.
 Lologopsis 361 385.
 Lomanotus 360.
 Lonchotaster 306.
 Lophaster 306.
 Lophius 76 149.
 Lophocardium 411.
 Lophocorys 240.
 Lophohelia 269 270 287.
 Lophophana 240.
 Lophophus 332 333.
 Lophoseris 29.
 Lophyrus 471.
 Lorica 472.
 Loripes 128 411.
 Lottia 117 118 202 378
 472.
 Lovenella 472.
 Lovenia 318 324.
 Loxoconcha 520 521 522.
 Loxosoma 31 331 341.
 Lubomirskia 131.
 Lucapina 378 464 472.
 Lucernaria 114 876.
 Lucina 33 66 101 115 116
 117 118 119 203 359
 362 364 366 367 369
 373 383 384 411 412
 918.
 Lucinopsis 364 369 412.
 Luidia 31 53 306.
 Luidiaster 306.
 Lumbriconcis 127 166.
 Lunatia 472 478.
 Lupea 918.
 Lutaria 132.
 Lutetina 412.
 Lutraria 65 101 369 377
 378 385 412.
 Lychnocanium 240.
 Lygodactylus 852.
 Lydium 259.
 Lynnaea 439 754 762.
 Lyonsia 357 358 359 362
 364 380 381 382 385
 412.
 Lyonsiella 412.
 Lyria 376.
 Lysianassa 834.
 Lysmata 921.
 Lytcarpus 287.

- Macandrewia* 259.
Macgillivraya 373.
Macha 412.
Machera 357 361 362 379
 384.
Machaeoroplax 360 472.
Macoma 413 430.
Macrocheilus 472.
Macrocypris 523.
Macrocystis 38 73 108 172
 477 888.
Macrocephalus 916.
Macroschisma 373 374.
Mactra 65 101 114 119 190
 203 360 361 362 364
 365 366 369 371 373
 375 376 377 378 381
 382 384 385 389 390
 391 413 488.
Madracis 287 288.
Madrepora 29 68 268 269
 270 271 273 274 275
 285 288 673 888 899
 907 908 909 913 923
 924 925 927.
Maendrina 274 275 288
 909 912 923.
Magaella 351 376 378
 382.
Magilus 371 372 439 472
 924 925.
Magus 118.
Maja 114 121.
Malacosaccus 259.
Malletia 360 376 380 413
 414.
Malleus 371 373 384.
Mauma 472.
Manatus 133.
Manayunkia 131.
Mangelia 356 472 473.
Manicina 268 274 275 288
 673.
Maretia 316 318 324.
Margarita 356 358 359 360
 361 363 364 378 414
 473 499.
Margaritana 77 389.
Margaritella 259.
Marginastr 306.
Marginella 33 115 117 118
 365 366 367 368 369
 370 374 375 378 380
 383 385 473 474.
Marginulina 209 211 222
 223.
Mariella 175.
Marinula 474.
Marsenia 364.
Marsenina 474.
Marsipaster 167 307.
Marsipella 208.
Martesia 369 384 414.
Masonella 223.
Mastigopora 341.
Mastigonema 106.
Mastogloia 780.
Mathilda 381 474.
Matuta 918.
Medusa 131 874.
Megalasma 519.
Megalopa 63.
Megalops 133.
Megerlia 348 351 889.
Melanipus 474.
Melanella 133.
Melania 132 133 134 174
 439 474 780.
Melanocetus 162.
Melanopsis 132 134 439.
Meleagrina 29 119 190 380
 389 919.
Melibaea 203.
Melicerita 341.
Mellita 316 324.
Melioderma 259.
Melo 371.
Melobesia 108 297 671.
Melosira 68.
Membranipora 64 143 332
 341 342 874.
Menaethius 920.
Menestho 474.
Menipea 341.
Meoma 325.
Merconaria 414.
Merica 449.
Meridion 673.
Meroe 372.
Merulina 288.
Mesalia 356 366 368.
Mesocarpus 38.
Mesodesma 115 361 362
 373 375 376 380 383
 385 414.
Mesoplodon 958.
Mesorhytis 474.
Mesostomum 7.
Mespilia 318 325.
Metacrinus 297 299.
Metacypus 521.
Metalia 316 318 325.
Meyeria 474.
Micippe 920.
Microciona 259.
Microcyphus 318 325.
Microgronia 223.
Micromelissa 240.
Micropora 30 342.
Microporella 342.
Micropyga 325.
Microtoma 474.
Miliola 213.
Miliolina 209 211 223 970.
Millepora 68 298 272
 275.
 285 288 314 326 674
 923 928 949.
Mimaster 307.
Mimosa 705.
Mimosella 31.
Minyas 145.
Mitra 117 173 356 366 367
 368 370 371 372 375
 378 379 380 383 439
 474 475.
Mitrocarpis 240.
Mitrularia 475.
Mniun 753.
Modiola 30 114 117 118 119
 128 202 357 359 360
 361 362 364 365 366
 369 370 371 375 376
 377 382 384 386 389
 414 415.
Modiolarca 382.
Modiolaria 357 358 359 360
 362 363 365 366 373
 378 381 390 415.
Modulus 384 475.
Moelleria 356 361 475.
Mohnea 470.
Moir 53 325.
Moiropsis 325.
Molgula 30 834 875.
Molpadia 325 329.
Monocaulus 288.
Monocelis 875.
Monoceros 378 379 380 381
 475.
Monodacna 367.
Monodonta 371 372 475
 919.
Monoptygma 371.
Monotus 131.
Montacuta 202 313 363 388
 415 416 876.
Montipora 29 270 271 273
 288 289 899 925.
Mopsea 39 272 289 911 924.
Morvillia 476.
Moseleya 289.
Mouretia 371.
Mucronalia 476.
Mucronella 312.
Muelleria 389.
Mugil 190.
Mulinia 380.
Mullus 133.
Munnopsis 43.
Murechisonia 383 384.
Murex 51 75 101 115 117
 128 190 202 365 366
 368 370 372 373 375
 376 377 379 380 383
 438 439 476 527 889
 890.
Mussa 289.
Mutela 134.

- Mya* 65 94 114 129 202
 357 358 359 362 363
 365 377 378 389 416
 438 873.
Mycodinium 289.
Mycetophyllia 289.
Myliusia 259.
Myochama 373 374 416.
Myodora 373 374 376 416.
Myonera 416.
Myriapora 116.
Myriastrea 259.
Myrina 416.
Myriochele 166.
Myriophyllum 763.
Myrzoium 30 342.
Mysis 42 59 127 132 158
 834 874.
Mytilimeria 378 416.
Mytilus 63 65 71 97 101
 113 114 115 118 128
 129 132 190 191 332
 357 359 362 363 365
 367 369 371 375 376
 377 378 379 381 382
 383 384 386 389 395
 416 417 449 518 699
 703 704 853 876 877
 890 916 920.
Myurella 477 498.
Myxicola 674.
Myxilla 249 259.
Myxus 922.
Myzostonium 297 298.

Nacella 477.
Nacospatangus 325.
Nannoniscus 43.
Nardoa 307.
Narica 477.
Nassa 30 75 113 115 117
 118 119 128 202 355
 360 361 363 365 366
 368 370 372 374 376
 377 378 379 380 381
 382 383 385 477 478
 527 876 918.
Nassaria 478.
Nassarina 478.
Natica 75 117 119 202 356
 358 359 360 361 362
 364 366 368 370 374
 375 376 378 379 380
 381 382 384 385 438
 478 479 527 705 918.
Naticella 374.
Naucrates 148.
Nausitora 129.
Nautilograpsus 143 527
 921.
Nautilus 121 371 510 511
 512 513 514 515 855.
Navicula 107 389 755 967.

Neaera 117 118 359 364
 417 418.
Neasellus 43.
Nectria 307.
Nellia 342.
Nemalion 50 92 93.
Nematocarcinus 526.
Nemerta 64.
Nemertes 131 874 877 920.
Nemichthys 161.
Neobuccinum 479.
Neohelia 289.
Neolampas 325.
Neomeris 672.
Neomorphaster 307.
Neopelta 259.
Neosiphonia 259.
Neotanaïs 43.
Neothauma 132 133.
Nepanthia 307.
Nephrops 160.
Nephthis 113 114 874 876.
Neptunea 357 365 375 465
 466 479 494.
Neptunella 480.
Neptunus 527.
Nereis 64 131 189 874 877.
Nerita 114 119 174 368
 370 372 374 375 376
 379 480 916 918.
Neritina 8 72 91 95 367
 439 480 762 835 917.
Neritopsis 371.
Nesonimus 176.
Neverita 480.
Nicania 418.
Niotha 477.
Nipa 90.
Niphargus 45.
Niso 368.
Nitella 768.
Nitra 374.
Nitromonas 6 9.
Noctiluca 23 129 173.
Nodosaria 28 208 211 213
 223.
Nonionina 209 210 211 214
 223 625 965.
Norodonia 332.
Northia 379.
Notarchus 373 384.
Notodromus 521.
Notopygus 920.
Notostomus 160.
Nubecula 480.
Nubecularia 208 224 673
 707.
Nucleolites 318.
Nucula 101 115 116 117
 118 119 122 202 357
 358 359 360 361 364
 369 371 377 380 383
 418 419.

Nullipora 109 294. s. *Lithothamnium*.
Nummulites 224.
Nymphaster 307.
Nymphon 875.

Obelia 289.
Obeliscus 480 481.
Octomeris 519.
Octopus 355 357 360 366
 367 372 376 378 381
 382 383 921.
Oculina 268 289 353 673
 909.
Odinia 307.
Odontaster 307.
Odontocyathus 280.
Odostomia 363 365 369 480
 481.
Olfersia 175.
Oliva 119 367 374 377 378
 379 380 383 385 481
 482 727.
Olivancillaria 382.
Olivella 481 482.
Olivina 382.
Omalexia 482.
Ommastrephis 355 358 361
 372 383.
Ommatocampe 240.
Ommatospyris 240.
Omosudis 162.
Onchidiopsis 482.
Onchidium 173 439.
Onchidoris 360.
Oncholaimus 874 877.
Onchopora 342.
Onchoporella 342.
Oncidella 376 377 381.
Oncydium 370 373.
Oneirophantha 167.
Onesimus 45.
Oniscia 379 383 482.
Onoba 482.
Onychia 143.
Onychoteuthis 355 367
 383.
Oocorys 482.
Operculina 224.
Ophiacantha 31 168 307.
Ophiactis 301 307.
Ophiambix 168.
Ophidiaster 301 307 922.
Ophidium 161.
Ophioceras 168.
Ophiociton 482.
Ophiocytha 167.
Ophiocnida 307.
Ophiocoma 119 307 308 918
 920 921 923.
Ophioceras 160.
Ophiocten 167.
Ophioderma 31 301 308.

- Ophiogeron 168,
 Ophioglypha 167 308,
 Ophiopsis 53 308 920 921,
 Ophiomastes 167,
 Ophiomusium 167,
 Ophiomyx 923,
 Ophiomyxa 53 308,
 Ophiopholis 308,
 Ophiopsila 308,
 Ophiopteron 301,
 Ophiocolex 308,
 Ophiothela 168,
 Ophiothrix 31 308 923,
 Ophiura 114 118 308 877,
 Ophthalmidium 224,
 Orbicella 289 290 899,
 Orbicula 369 419,
 Orbiculina 210 224,
 Orbitolites 6 208 210 211 213 224 673 707 888,
 Orbulina 148 209 212 213 214 215 224 888 957 964,
 Orchestia 113,
 Ornithocercus 142,
 Ornitholepas 126,
 Orphnurgus 161,
 Orthosina 789,
 Oscillaria 135 249 673,
 Ostracion 190,
 Ostrea 8 59 63 71 72 98 101 114 117 118 119 128 129 173 190 202 203 313 361 364 365 367 369 370 373 375 376 377 378 379 381 383 385 386 388 389 390 391 419 690 706 835 839 853 880 890 920 924,
 Ototus 676 958,
 Ovula 369 368 374 379 383 482,
 Ovalum 371 482,
 Oxyccocus 843,
 Oxygurus 371 965,
 Oxycoe 669 482,
 Oxypora 290,
 Oxyrhina 676 957,
 Pachastrella 260,
 Pachaulidium 260,
 Pachybatron 383,
 Pachychalina 260,
 Pachymatisma 260 677,
 Pachyseria 290,
 Padina 115,
 Paguristes 31,
 Pagurus 76 527 887 924,
 Palaeon 42 51 127 143 874 918 921 922,
 Palaeonetes 65 132 527,
 Palaeopneustes 325,
 Palaeostoma 318 325,
 Palaeotropus 325,
 Palinurus 152 525 921 927,
 Pallasea 132,
 Palmella 249,
 Palmipes 31 308 309,
 Palmophyllum 39 110 111,
 Paludestrina 128,
 Paludicella 332 333,
 Paludina 8 65 133 367 439 754,
 Paludinella 482,
 Paludomus 133 482,
 Palythoa 248 924,
 Pandanus 90 852,
 Pandora 114 117 118 357 358 361 378 381 385 388 420,
 Panopaea 362 363 371 376 382 420,
 Panopeus 527,
 Paphia 420,
 Papyrula 260,
 Paracanthus 269 290,
 Paradoxostoma 521 523,
 Paragonaster 369,
 Paragorgia 304 422,
 Paralecyonium 7,
 Paramelania 133,
 Paramunna 524,
 Parapholas 378 379,
 Pararchaster 309,
 Parasalenia 316 317,
 Parasmilia 260,
 Parastrophia 482,
 Parmophorus 373 374 375 483,
 Parthenia 117 118 483,
 Pasythea 342,
 Patella 41 63 71 95 97 101 113 114 115 118 119 128 132 356 360 364 365 366 367 368 369 370 371 373 374 375 377 379 380 381 382 384 437 439 483 835 916 917,
 Patellina 209 224,
 Patina 143,
 Patula 175,
 Pavonia 273 290,
 Pechioliola 420,
 Pecten 31 51 114 116 117 118 119 122 128 191 202 203 257 352 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 369 371 372 373 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 388 389 391 420 421 422 703 706,
 Pectinaria 129 918,
 Pectinaster 309,
 Pectinatella 332,
 Pectinodonta 483,
 Pectinura 53 118 309,
 Pectunculus 119 202 366 369 371 373 375 376 381 384 389 405 422 423 432 706,
 Pedicellina 64 332,
 Pedicellaster 309,
 Pedicularia 365 366,
 Pedipes 367 368 483,
 Pedum 372 373 389 424,
 Pelamis 82,
 Pelicanus 852,
 Pellilitorina 483,
 Pelomyxa 39,
 Pelosina 208 225,
 Penaeus 526,
 Penella 132,
 Peneroplis 28 210 214 225,
 Peniagone 161,
 Pennatula 290,
 Pentaceros 309,
 Pentacheles 158 526,
 Pentacrinus 297 298 300,
 Pentacta 309,
 Pentadactylus 483,
 Pentagonaster 309,
 Perachis 507 508 965,
 Periacron 167,
 Periastrer 325,
 Peribolaster 309,
 Pericharax 260,
 Perichlamydium 240,
 Peridinium 129 135 507,
 Periophthalmus 72 91 95 102 847,
 Periphylla 161,
 Periploma 378 382 384 423,
 Perisiphonia 290,
 Perispongidium 240,
 Peristernia 483,
 Peristichia 484,
 Perna 371 384 423 919,
 Peronella 318 326,
 Petalophthalmus 44 155 158,
 Petalospyrus 240,
 Petricola 361 369 373 379 380 383 385 423,
 Petromyzon 127 133,
 Petrosia 260,
 Peyssonellia 111 671,
 Phakellia 260,
 Phalacrocorax 852,
 Phalacroma 142,
 Phallusia 31,
 Phascolosoma 31,
 Phasianella 33 117 118 370 373 374 484,
 Phellia 31,
 Phelloderma 260,
 66

- Pheronema 248 260.
 Phialidium 148.
 Philine 75 128 357 360 362
 363 372 374 484 876.
 Philomedes 523.
 Philomedusa 268.
 Phlyctenophora 523.
 Phoberus 526.
 Phoca 133.
 Phönix 90.
 Pholadidea 365 378 379
 380 423.
 Pholadomya 383 384 423.
 Pholas 69 71 82 97 114
 127 190 359 362 363
 365 378 379 380 382
 385 389 390 423 424.
 Pholidaster 309.
 Phormobotrys 236.
 Phormocampe 235.
 Phormosoma 161 326.
 Phorus 371 484.
 Phos 368 371 383 484.
 Photinula 484.
 Photobacterium 105.
 Phoxaster 309.
 Phoxicillus 31.
 Phractopelta 235.
 Phragmites 753.
 Phucagrostis 27.
 Phycoseris 917.
 Phyllacanthus 316 317 318
 326.
 Phyllangia 290.
 Phyllastraea 273 291.
 Phyllirhoe 143 146 439.
 Phyllodoce 31 114 876.
 Phyllonotus 476.
 Phyllophora 111.
 Phyllosoma 146 152.
 Phyllospadix 91.
 Phynosoma 318.
 Physa 133 439 484.
 Physalia 74 145 148 513 514
 855.
 Pileopsis 117 484.
 Pilidium 356 364 484 485.
 Pileochrota 260.
 Pilodius 920.
 Pilulina 208 225.
 Pilumnus 31 114 122 527
 920.
 Pinna 31 115 119 173 294
 366 369 371 377 380
 383 386 389 424 485
 703 918.
 Pinacoceras 511.
 Pinnoctopus 373 375.
 Pinnothus 918.
 Pinnularia 107 780.
 Pinus 705 742 753 754
 851.
 Pirella 368.
 Pirenella 366 372.
 Pirimela 114.
 Pirula s. Pyrrula.
 Pisa 31 114 122 528 920.
 Pisania 366 485.
 Piscidia 82.
 Pisidium 77 389 424.
 Placodictyon 260.
 Placopilina 225.
 Placospongia 261.
 Placostegus 674.
 Placunanomia 376 379 385.
 Plagiostoma 131.
 Plagusia 527.
 Plagyodus 162.
 Plakina 260.
 Plakinastrella 260.
 Plakortis 261.
 Planaria 113 131 873.
 Planaxa 485.
 Planaxis 368 370 372 379
 384 485.
 Planispirina 225.
 Planktoniella 141.
 Planorbis 133 754 762.
 Planorbulina 209 214 225.
 Planulina 225.
 Planularia 225.
 Platanista 94.
 Platessa 31 101 146 152.
 Platurus 133.
 Platycephalus 190.
 Platycryphalus 240.
 Platydia 351.
 Platylepas 519 671.
 Platyonicus 527.
 Plaxiphora 485.
 Pleidion 134.
 Pleroma 261.
 Plesiastraea 291.
 Plenracanthus 291.
 Pleurechinus 326.
 Pleurobrachia 64.
 Pleurobranchaea 51.
 Pleurobranchidium 438 889.
 Pleurobranchus 113 364 366
 382 384 438 889 917
 919.
 Pleurocapsa 110.
 Pleurococcus 135.
 Pleurocorallium 291 673.
 Pleurogonium 43.
 Pleuronectes 31 101 127
 887.
 Pleurophyllidea 360 364
 365.
 Pleurosigma 107.
 Pleurotoma 101 116 117
 118 356 358 359 360
 361 362 363 365 368
 371 372 373 374 375
 379 380 382 383 485
 486 919.
 Pleurotomaria 383 384
 487.
 Pleurotomella 487.
 Plicatella 487.
 Plicatula 385 424.
 Pliobothrus 291.
 Plocamia 261.
 Plocanium 50.
 Plotus 852.
 Plumatella 332 333.
 Plumohalichondria 261.
 Plumularia 278 291.
 Plutonaster 309.
 Pneumodermon 507.
 Poa 8.
 Pocillopora 20 269 275 291
 899 908 913 924 926
 949.
 Podocidaria 317.
 Podocytis 240.
 Podon 69 129.
 Podophora 326.
 Podopsis 875.
 Podosphenia 106.
 Porecillasma 518 520.
 Poelobadites 329.
 Pollia 115 366 368 376
 487.
 Pollicipes 520.
 Polyarthra 135.
 Polycera 114 359 360 363
 874 875.
 Polychaetes 521 526.
 Polycope 521 523.
 Polygonum 8.
 Polylophus 261.
 Polymastia 261.
 Polymorphina 69 208 209
 225 226.
 Polynoe 113 114 874 875.
 Polyopogon 261 677.
 Polyplumaria 278.
 Polyrhabdus 261.
 Polysiphonia 50 93 247.
 Polystemma 874 875.
 Polystomella 28 208 209
 210 211 231 226.
 Polytrema 69 74 208 209
 226.
 Polytropa 487.
 Pontaster 309.
 Pontella 148.
 Pontocypris 521 523.
 Pontolimax 363 874.
 Pontophilus 55.
 Pontoporeia 132 834.
 Porania 309.
 Poraniomorpha 309.
 Porcellanaster 167 310.
 Porella 342.
 Porellina 342.
 Porina 343.
 Portella 261.

- Porites 7 29 64 116 268
 269 270 274 275 291
 707 898 899 912 923
 925 928 949.
 Porocidaris 326.
 Porodiscus 240 243.
 Poromya 117 363 424 425.
 Poronia 369.
 Porphyra 92.
 Porpita 7 145 855.
 Porponia 108.
 Porthundia 425 434 435.
 Portunus 76 114 918.
 Posidonia 27 91 92 186 678.
 Posidonomya 65.
 Potamides 91 487 847.
 Potamocypria 520.
 Potamogeton 763.
 Potamomyia 91 425.
 Poterium 247.
 Pottsiella 332.
 Pourtalesia 160 167 317
 326.
 Priapulus 166 876.
 Primnoa 291.
 Primnoella 278.
 Prionastraea 291 925.
 Prisanatium 240.
 Pristipoma 190.
 Pristis 133.
 Proboscina 343.
 Procytella 21.
 Promachocrinus 297 300.
 Propilidium 363 487.
 Proteleia 261.
 Protella 42.
 Protococcus 52.
 Protoma 368.
 Protomedeia 132.
 Provocator 487.
 Prunulum 239.
 Psammiastra 261.
 Psammecinus 326.
 Psammina 261.
 Psammobia 75 114 190 202
 203 364 365 369 375
 376 390 425.
 Psammoclema 249 261.
 Psammocora 29 273 292.
 Psammopemna 261.
 Psammophyllum 262.
 Psammophaera 208 226.
 Psammotella 373.
 Pseudamnisus 425.
 Pseudarchaster 310.
 Pseudaster 310.
 Pseudobolita 318 326.
 Pseudocythere 523.
 Pseudoliva 398 378.
 Pseudonicippe 924.
 Pseudonoma 44 45.
 Pseudostichopus 329.
 Psidium 174.
 Psilaster 310.
 Psyche 361 362.
 Psychropotes 161.
 Pteraster 310.
 Pteroceras 41 75 371 487
 917.
 Pteronotus 487.
 Pterycombus 80.
 Pullastra 425.
 Pullenia 211 213 215 226
 964 970.
 Pulvinulina 209 211 212
 213 226 227 507 888
 957 964 965 970.
 Puncticulis 487.
 Puncturella 356 359 361
 363 377 381 487 488.
 Pupillaea 371.
 Purpura 63 65 91 95 97
 113 114 118 133 356
 359 361 364 365 367
 368 370 372 374 375
 376 377 378 379 380
 382 383 385 437 488
 835 916 923.
 Pusionella 368 488.
 Pustulopora 343.
 Pygaster 326.
 Pyramidella 384 488.
 Pyrene 488.
 Pyrgoma 520 925.
 Pyrocystis 21 140.
 Pyrolofusus 488.
 Pyrosoma 147.
 Pyrula 368 370 371 372
 383 385 439 488 489
 918.
 Pythina 372 425.
 Pyxilla 141.
 Quassilina 262.
 Quedius 175.
 Quinqueloculina 208 209
 227.
 Quoyia 371.
 Racodiscula 262.
 Racomitrium 830.
 Radiella 262.
 Raeta 425.
 Ralfsia 50.
 Ramulina 227.
 Ranella 365 366 367 368
 370 372 374 375 378
 380 381 383 385 439
 489 921.
 Rangia 425.
 Raniera 247.
 Ranularia 489.
 Ranunculus 88 763.
 Rapana 376 489.
 Rapella 489.
 Raphidococcus 240.
 Raphidophilus 262.
 Raphitoma 489.
 Raspailia 262.
 Regadrella 262.
 Reniera 7 249 262 835.
 Renilla 160.
 Reophax 227.
 Retaster 310.
 Retepora 116 343.
 Reteporella 343.
 Retusa 489.
 Rhabdammina 214 227 887.
 Rhabdocalyptus 262.
 Rhabdochromatium 680.
 Rhabdodictyum 262.
 Rhabdoplectella 262.
 Rhabdosoma 146.
 Rhabdosphaera 139 140 670
 956.
 Rhabdostauridium 262.
 Rhamnus 848.
 Rhegaster 310.
 Rhinchops 852.
 Rhinobrisus 327.
 Rhpidaster 310.
 Rhipidophora 106.
 Rhizammia 227.
 Rhizochalina 262.
 Rhizoclonium 107.
 Rhizochilus 439.
 Rhizocrinus 297 300.
 Rhizophora 91.
 Rhizosolenia 141 146 676
 966.
 Rhizostoma 7.
 Rhizotrochus 292.
 Rhodarea 273 292.
 Rhodopsammia 292.
 Rhombus 41.
 Rhopalaea 31.
 Rhopalastrum 241.
 Rhopalodictyum 241.
 Rhynchonella 347 351 352
 357 358 362 376 377
 382 710.
 Rhynchopygus 327.
 Ricciula 119 371 372 374
 489 924.
 Ricinus 81.
 Rimella 262 371.
 Rimula 371.
 Rimulina 227.
 Rinalda 262.
 Ringicula 365 368 369 490.
 Rimella 373 374 375.
 Rissos 26 33 114 115 117
 118 128 356 358 359
 360 361 363 365 366
 367 368 381 439 490
 491 873 914 919 921.
 Rissolina 33 366 384 491.
 Rissostoma 492.
 Ritiphloea 116.

- Rivularia 110 672.
 Rosella 247 249 263.
 Rossia 355 357.
 Rostellaria 371 439.
 Rotalia 28 209 211 227 228 710.
 Rotalina 209 211.
 Rotella 375 376 492.
 Rotula 314 317 327.
 Rumex 763.
 Runus 81.
 Rupertia 74 209.
 Rypicola 425.
 Rypiphloea 111.
 Sabatia 492.
 Sabella 189 674.
 Sabinotrochus 292.
 Saccamina 228.
 Saccopharynx 158 162.
 Sagarita 292 527.
 Sagitta 23 146 147.
 Sagrina 228.
 Salarias 917 921.
 Salenia 317 327.
 Salicornaria 167 343.
 Salicornia 88 90 763.
 Salix 893.
 Salmacis 316 318 327.
 Salmacopsis 327.
 Salmo 127 133.
 Salsola 88 90.
 Samus 263.
 Sandalium 456.
 Sanguinolaria 379 384.
 Saphirina 145 146.
 Saprolegnia 276.
 Sarcochiton 875.
 Sarcoogyne 598.
 Sarepta 426.
 Sargassum 17 21 38 81 98 104 108 116 143 513 527 678 852 853 949 954.
 Sargus 133.
 Sarsia 7 148 877.
 Saxicava 71 97 117 357 358 359 362 363 377 381 389 390 426.
 Saxidomus 377 379.
 Scala 492.
 Scalaria 118 356 359 360 363 365 367 368 374 377 379 381 382 384 385 438 492.
 Scalenostoma 493.
 Scaliola 493.
 Scalpellum 166 201 518 520 671 835.
 Scaphander 359 364 493.
 Scapharca 426.
 Scaphella 493 505.
 Scaphites 509 511.
 Scaphophyllia 292.
 Searus 927.
 Schismope 493.
 Schizaster 310 316 317 318 327.
 Schizochiton 493.
 Schizocyathus 292.
 Schizoporella 333 343.
 Schleinitzia 327.
 Sciaster 922.
 Scinaia 51.
 Scintilla 426.
 Scirpus 88 753 839.
 Scissurella 118 367 369 381 493.
 Scleritoderma 263.
 Sclerochalina 217.
 Sclerochilus 521 524.
 Sclerohelia 292.
 Sclerophyllia 292.
 Scleroplegma 263.
 Scleroptilon 168.
 Sclerothamnus 263.
 Scoloplos 874 876.
 Teonsia 450.
 Scotoanassa 167.
 Scotoplanes 167.
 Scrobicularia 132 363 369 369 426 427 876.
 Scruparia 343.
 Scrupocellaria 343 344.
 Seutellina 371 493.
 Scyllaea 143.
 Scyllarus 51 152.
 Scytaster 887.
 Scytonema 249.
 Segmentina 133.
 Seguenzia 493 494.
 Selenaria 344.
 Seliscolthon 263.
 Semantis 241.
 Semele 379 380 384 385 427.
 Semperella 263.
 Semperia 327.
 Senecio 843.
 Senectus 493.
 Separatista 498.
 Sepia 40 204 367 372 376 855.
 Sepiola 376.
 Sepioloidea 373.
 Sepioteuthis 366 372 383.
 Septaria 493.
 Septifer 369 372 379 380 427.
 Seraphs 371.
 Sergestes 526.
 Serialaria 331.
 Seriatopora 292 293 925.
 Serolis 43 525.
 Serpula 68 98 113 114 116 313 335 340 674 889 891 920 925.
 Sertularia 97 293.
 Sesarma 95.
 Sethamphora 237.
 Sethocapsa 241.
 Sethocephalus 240.
 Sethocorys 241.
 Sethodiscus 241.
 Setidium 263.
 Shephardiella 228.
 Siderastraea 29 268 275 293 673.
 Sideroderma 263.
 Sideropora 293.
 Sigaretus 365 368 383 384 385 494.
 Sigsbeia 160.
 Silene 88.
 Silenia 427.
 Siliqua 378.
 Siliquaria 366 369 371 494.
 Simpulum 494 499.
 Siphio 494.
 Siphocampe 241.
 Siphocampium 241.
 Siphodontalium 494.
 Siphonalia 376 377 378.
 Siphonaria 368 371 373 374 376 380 381 382 494 495.
 Siphonentalis 495.
 Siphonidium 263 678.
 Siphonodontalium 494.
 Siphonochalina 247 263.
 Sipunculus 113 204 286.
 Skeneia 356 359 364 495.
 Smaragdina 366 372 495.
 Smaragdina 495.
 Smittia 344.
 Smittipora 344.
 Solariella 495.
 Solarium 365 374 377 495.
 Solaster 310.
 Solea 190.
 Solecurtus 31 364 369 372 383 385 427 834.
 Solemya 366 375 376 386 428.
 Solen 71 101 114 115 119 190 203 359 362 363 369 371 374 378 379 380 382 384 389 390 427 428 876.
 Solenastrea 293 923.
 Solenella 495.
 Solenosmilia 293.
 Soletellina 377.
 Solidula 495.
 Sonneratia 91.
 Sorosphaera 228.

- Sotalia* 94.
Spartina 88.
Spargocystis 327.
Spatangus 50 76 202 313
 315 316 317 327 416.
Spatha 134.
Spathipora 333.
Spergularia 88.
Spezia 370.
Sphaelaria 93.
Sphaerechinus 314 316 327
 328 887.
Sphaerodon 460.
Sphaeroidina 211 228 964
 970.
Sphaeroma 189 525 873
 874.
Sphaerostylus 241.
Sphaerozoum 241.
Spagnum 742 753.
Sphenia 428.
Sphenotrochus 293.
Sphinctrella 263.
Sphyrapus 43.
Spinipora 293.
Spio 873 874 875.
Spirastrella 263.
Spirillina 209 228.
Spirialis 355 358 364.
Spirographis 335.
Spiroloculina 208 228.
Spiroplecta 228.
Spirorbis 114 674 875.
Spirotropis 495.
Spirula 373 383 510 511
 512 513 514 515 835
 852 855.
Spondylothamnium 111.
Spondylus 117 122 366 373
 377 380 385 389 428
 429 924.
Spongaster 241.
Spongasteriscus 241.
Spongelia 247 249.
Spongia 113 114 249.
Spongilla 7 246 249.
Spongiophagus 249.
Spongobranchium 241.
Spongodictyum 241.
Spongodiscus 241.
Spongolena 242.
Spongolonche 242.
Spongoplegma 242.
Spongospaera 232 242.
Spongostaurus 242.
Spongotripus 242.
Spongotrochus 242.
Spongurus 242.
Sporadipus 921.
Sporadopora 293.
Sporochinus 37.
Sportella 365.
Spurilla 143.
Squamulina 298.
Squilla 42 152 887.
Stannarium 263.
Stannoma 263.
Stannophyllum 263.
Staurocromyum 242.
Stauroidictya 242.
Staurodoras 242.
Staurolithium 242.
Staurolonche 242.
Staurolonchidium 242.
Staurosphaera 242.
Staurothele 568.
Steganoporella 344.
Stegnaster 310.
Stellaster 310.
Stelletta 246 264.
Stellettinopsis 264.
Stenella 278.
Stenocyathus 293.
Stenocinops 924.
Stenohelia 293.
Stenorhynchus 875.
Stephanasterias 311.
Stephanastrum 242.
Stephanocidaris 318 328.
Stephanophyllia 160 293.
Stephanoscyphus 248.
Stephanotrochus 294.
Stereocaulon 568.
Sterna 100.
Sternoptyx 80.
Stichaster 53 311.
Stichocapsa 242.
Stichocorys 242.
Stichophormis 243.
Stilbe 496.
Stoeba 264.
Stomatella 371 376 496 919.
Stomatia 371 496.
Stomias 161.
Stomobranchium 161.
Stomopneustes 318.
Stortospaera 208.
Strebloceras 496.
Strigilla 369 384.
Strombus 41 75 101 119
 144 160 368 370 372
 376 379 383 439 496
 917 918.
Strongylocentrotus 313 314
 316 317 318 328 887.
Strophogorgia 278.
Struthiolaria 373 374 375
 496.
Stryphus 264.
Styela 166.
Stylactella 248.
Stylactis 248 294.
Stylaraea 294.
Stylaster 64 270 294.
Stylatractus 243.
Stylina 496.
Styliola 507.
Stylipher 363 438 496 497.
Stylocalyx 264.
Stylocordyla 264.
Stylodictya 243.
Stylophora 247 273 275 290
 294 314 368 919 921
 922 924 927.
Stylopus 264.
Stylorhiza 264.
Stylosphaera 243.
Stylospira 243.
Stylotrochus 243.
Styracaster 311.
Submarginula 384.
Suberites 31 246 247 248
 249 678.
Sula 852.
Sulcastrella 264.
Supercystis 344.
Surcula 486.
Sycalis 264.
Sycandra 264.
Sycon 213 264.
Sygnathus 41 133 143 874.
Sympagella 265.
Symphyllia 294.
Symphodium 278.
Sympyla 265.
Synapta 329 922.
Synaraea 294.
Synchaeta 135.
Syndesmya 118 119 128
 164 360 363 429 876.
Synedra 107 141 146 677
 967.
Synodontia 814.
Synops 265.
Syphonostoma 876.
Syringidium 265.
Syrnola 497.
Syrnolopsis 133 134.
Taegeria 265.
Talona 369.
Tamarix 90 794 797.
Tapes 101 128 364 369
 375 376 377 378 381
 429.
Taranis 497.
Tarsaster 311.
Taxodium 753.
Tealia 875.
Technitella 208 229.
Tectarius 497.
Tectura 359 360 363 377
 497.
Tectus 497.
Tedania 265.
Teinostoma 368.
Telesto 278.
Tellimya 429 430.
Tellina 31 65 101 114 115 116

- 128 129 190 203 357
 358 359 361 362 363
 364 365 366 369 370
 371 373 375 376 377
 378 379 380 384 385
 389 390 430 431 525
 876 887 918.
 Telphusa 134 527 780.
 Temnechinus 328.
 Temnopleurus 318 328 948.
 Tenacia 205.
 Tentorium 205.
 Terebella 51 113 114 333
 674 874 875 917 920.
 Terebellides 876.
 Terebellum 372 497.
 Terebra 119 368 376 379
 382 383 385 497 498
 727 918.
 Terebratella 352 357 358
 364 373 376 377 378
 382.
 Terebratula 117 119 166
 347 352 354 364 366
 377 379 381 385.
 Terebratulina 64 347 348
 352 353 357 377 382
 385.
 Terebripora 333 344.
 Teredo 91 118 126 127 359
 363 369 390 415 498
 877.
 Tergipes 357 360 364.
 Terminalia 90.
 Tessaradonna 344.
 Testudo 176.
 Tethya 113 248 265.
 Tethyopsis 265.
 Tetilla 248 265.
 Tetracrita 520.
 Tetrhedrina 243.
 Tetralia 924.
 Tetrapyle 243.
 Tetradon 133 676 958.
 Textaria 371.
 Textilia 498.
 Textularia 209 211 229 710
 970.
 Thalamita 918.
 Thalassia 91 186.
 Thalassianthus 924.
 Thalassioella 148 243.
 Thalassochelys 144.
 Thalassolampe 243.
 Thalassosphaera 243.
 Thaletia 374.
 Thaumoclonium 249.
 Tharsis 498.
 Thaumastocheles 526.
 Thaumatoerinus 300.
 Thecidium 353 366 385.
 Thecoyathus 244.
 Thecophora 265.
 Thecopsammia 294 295.
 Thecosphaera 243.
 Themisto 151.
 Thenea 248 265.
 Thecapsa 243.
 Thecorys 243.
 Theonella 677.
 Theosyringium 243.
 Therapon 669.
 Thesbia 498.
 Thia 31 114.
 Thiocapsa 680.
 Thioeystis 680.
 Thiodictyum 680.
 Thiopelia 680.
 Thiopolycoccus 680.
 Thiosarcina 680.
 Thiospirillum 680.
 Thiothece 680.
 Thiothrix 680.
 Thoracaster 311.
 Thracia 118 357 358 359
 360 361 363 364 431.
 Thrinacophora 265.
 Thrombus 265.
 Thuiaria 295.
 Thurammia 229.
 Thynnus 133.
 Thyone 311.
 Thyreopsis 431.
 Thyrosocyphus 295.
 Tiara 148.
 Tindaria 413.
 Tiphobia 132.
 Tisiphonia 265.
 Tomoclea 431.
 Torellia 360 498.
 Tornatella 117 368 385
 498.
 Toxochalana 266.
 Toxopneustes 317 318 328.
 Trachycaulus 266.
 Trachylobium 852.
 Trachyphyllia 29 295.
 Trachypterus 80 162.
 Trachysma 498.
 Trapezia 527 922.
 Travisia 129.
 Tremaster 311.
 Trematodiscus 243.
 Tremaulidium 266.
 Tremopora 344.
 Tretolophus 266.
 Triactiscus 243.
 Tribraichium 266.
 Trichechus 94 301.
 Trichodesmium 21 143.
 Trichopleon 43.
 Triptolemus 266.
 Trichostemma 266.
 Trichotropis 356 358 361
 362 375 378 498.
 Tricolocampe 243.
 Tridachia 384.
 Tridacna 7 249 294 372
 373 432 708 921.
 Tridacophyllia 273 295.
 Triforis 117 363 385 498
 499.
 Trigla 50 302.
 Triglopsis 133.
 Trigonactura 244.
 Trigonella 432.
 Trigonina 69 121 353 373
 375 432.
 Trigonocidaris 317 328.
 Trigonocyella 241.
 Trilocolina 208 213 229.
 Triopa 295 364.
 Tripilidium 244.
 Tripodiscium 244.
 Tripylns 328.
 Tritia 477 499.
 Triticum 88.
 Triton 365 368 370 373
 375 376 377 378 380
 383 385 499.
 Tritonia 114 364 365 373
 438.
 Tritonium 438 499 889 921
 924.
 Trivia 378 458 499.
 Trochammia 208 209 229.
 Trochiscus 378.
 Trochita 375 380 381.
 Trochocholea 373 374.
 Trochocyathus 295.
 Trochodiscus 244.
 Trochopsammia 295.
 Trochosera 295.
 Trochus 31 33 98 115 117
 118 119 121 122 128
 190 202 203 359 360
 364 369 368 370 372
 374 375 376 378 379
 380 381 382 384 437
 499 500 501 856 890
 924.
 Trophon 356 358 359 360
 361 362 364 373 375
 381 382 501.
 Tropidurus 176.
 Troscelia 501.
 Truncatella 115 128 501
 502.
 Truncatulina 209 210 211
 229.
 Trutta 133.
 Tubarella 248.
 Tubipora 912 923.
 Tubucinelia 520 671.
 Tubucellaria 344.
 Tubulipora 116 344.
 Tugonia 369.
 Turbinaria 295.

- Turbinella 119 368 370 371
 379 383 502 924.
 Turbinolia 295.
 Turbo 63 97 98 101 113
 116 117 366 370 372
 374 375 376 378 379
 380 384 502 526 924.
 Turbonilla 33 502.
 Turricula 502.
 Turris 502.
 Turritella 116 117 118 119
 122 128 356 359 360
 361 364 368 370 375
 376 378 379 380 384
 385 438 502 503 890.
 Turritellopsis 503.
 Turritigera 345.
 Turtonia 357 364 432.
 Tylaster 311.
 Tylodina 360 364 366.
 Tympanidium 244.
 Tympanotomus 368.
 Typhis 365 368 370 503.
 Typhlomangelia 503.
 Typhlonus 159 166.
 Typhotanaia 43 525.

 Udotea 37 107.
 Ulceyathus 295.
 Ulva 97 110 854.
 Umbellula 168 295.
 Umbrella 365 366 370.
 Umbrina 190.
 Ungulina 369 432.
 Unio 77 133 191 388 389
 763.
 Uranoscopus 31 76 101.
 Uraster 311.
 Urechinus 160 328.
 Urnatella 332.
 Urosalpinx 361 503.
 Ute 31 266.
 Utriculopsis 359 504.
 Utriculus 363 503 504.
 Uvigerina 209 229 230.

 Vaccinium 843.
 Vaginulina 230.
 Valkeria 345.
 Valonia 37 107.
 Valvata 754 762 767.
 Valvulina 230.
 Vanganella 376.

 Varuna 527.
 Vasum 504.
 Vaucheria 110.
 Velella 7 74 144 145 148
 204 513 514 855.
 Velutella 504.
 Velutina 202 356 358 359
 361 362 363 365 377
 438 504.
 Veneriglossa 433.
 Venerupis 115 366 376 390
 434.
 Venus 33 63 75 101 114
 115 116 117 118 119
 130 202 203 205 358
 359 360 361 362 364
 366 367 369 375 376
 377 378 380 381 382
 383 384 385 389 391
 406 429 432 433 706
 890 918.
 Vermetus 115 364 366 368
 379 385 439 504 675
 920 923.
 Verneuilina 209 230.
 Verongia 266.
 Verruca 518 520.
 Vertagus 505.
 Vertebralina 210 230.
 Verticordia 372 434.
 Vesicularia 64 332 345.
 Vespertilio 505.
 Vetulina 677.
 Victorella 64 332 333.
 Victoria 125.
 Vincularia 345.
 Vioa 266 391.
 Viola 843.
 Virbins 528.
 Virgularia 295.
 Virgulina 209 230.
 Vitis 843.
 Vitrinella 379 505.
 Vitta 495.
 Vitularia 505.
 Vola 434.
 Voluharpa 377.
 Volumitra 505.
 Voluta 133 373 374 375
 376 381 382 383 385
 434 438 505 727.
 Volutilithes 505.

 Volutomitra 360 505.
 Volvaria 383.
 Volvula 368 372 505.
 Volvulina 266.
 Vomerula 266.
 Vortex 7.
 Vorticella 45.
 Vosmaeria 266.
 Vulsella 372 373 434.

 Waldheimia 166 349 353
 354 357 373 375 376
 377 382 701.
 Walteria 266.
 Watsonia 505.
 Webbia 230.
 Willemoesia 151 155 160
 526.
 Woodia 434.

 Xanthium 81.
 Xanthotrichum 143.
 Xenia 924.
 Xenobalanus 520 671.
 Xenophora 365 368 376 384
 505 506.
 Xestoleberis 524.
 Xiphacantha 244.
 Xiphochilus 524.
 Xiphodictya 244.
 Xiphosphaera 244.
 Xiphostylus 244.
 Xylophaga 364 434 506.

 Yoldia 357 359 360 362 364
 434 435 834.

 Zanardinia 37.
 Zeidora 506.
 Zenatia 375 376.
 Ziphius 958.
 Zirphaea 435.
 Zizyphinus 374 375 378.
 Zoanthella 249.
 Zoanthus 924.
 Zoobothrium 7.
 Zoochlorella 249.
 Zooxanthella 249.
 Zoroaster 311.
 Zostera 26 41 91 92 114
 115 116 118 144 186
 332 679 853 873.
 Zozyms 920 922 924.

Sach- und Ortsregister.

Aare Fluss 759.
 Aas (Ansar) 738.
 Abassieh 575.
 Abflusslose Gegend 580 728.
 Abkühlung der Erde 1.
 Ablagerung 538 540 607 608 723.
 mechanische 642—650 702—704
 724 734—740 762 778—782
 834—848 864 894.
 chemische 651—664 704 740—783
 792 811 849—851 864 886.
 organische 665—680 704—710
 811—814 851—855 865 886
 —891 895 980.
 vulkanische 681—692 710—711
 818—820 865 895 934—951
 955.
 Ablation 547 572—587.
 Abrasion 108 171 276 573 584—587 589
 600 601 605—606 611 612 688 833
 836 893 870 875 895.
 Abrasion an Binnenseen 761.
 Abrasionsfläche 610 612 618—619 937 942.
 Abrutschung s. Gehängeschutt.
 Absorption des Lichtes im Wasser 36.
 Absorption s. Licht.
 Abyssinien 786.
 Acephalen s. Muscheln.
 Accessible Bai 172.
 Accessorische Bestandtheile der Gesteine
 976.
 Achensee 768.
 Ackerkrume 639.
 Adamello Geb. 714 716.
 Adamsbrücke 878.
 Adelaide 246.
 Aden 578.
 Adour 635.
 Aegäisches Meer Fauna 114—118 121
 203—205 348.
 Aegerie-See 424.
 Aegypten 591 790.
 Aeolische Ablagerungen s. Deflation.

Aequator 10.
 Aequatorialgegenströmung 79.
 Aequatorialströmung 79 142.
 Aequivalenz der Gesteine 982—986.
 Aestuarien 14 87 91 124—127 170 183
 208 214 216—230 293 294 427 428
 450 487 520 726 769.
 Aetna 634 685 691 818 895.
 Afrika 11 12 185 578 579 648.
 Agardh Kap 735 742.
 Agnano-See 830.
 Agulhas Kap 11 12 353.
 Ahorn 753.
 Aix 605.
 Akantharien 231 677.
 Akanthometriden 232 233.
 Akazien 781.
 Aktinien: Bionomie 7 20 51 74 97
 98 113 122 160 161 168 268
 527.
 Bewegung 71 268 269.
 Versteinerung 205.
 Aktualismus XII XVII.
 Alafu-Insel 931.
 Alk 743.
 Alaun-See 826.
 Albaner Gebirge 565 820.
 Albany 127.
 Albatross 94.
 Albemarle-Insel 941.
 Albert-See 791.
 Albino 160.
 Albumin 666.
 Alcyonarien 159 160 170 172 278.
 Aletsch-Gletscher 600 747.
 Aleutenmeer 351 352.
 Alexanderbad 565.
 Algen: Morphologie 17 27 73 99 106
 111 141.
 Bionomie 3 20 21 27 33 36 37
 38 50 51 62 85 86 92 110
 111 119 157 162 183 184 675
 194 209 246 249 297 314 391.

- Benthos 17 23 26 37 52 92
 106—111 165 172 569 678 853
 888 891.
 Plankton 20 21 37 81 99 139—143
 155 157 165 170 173 767.
 Horizontalverbreitung 21 26 27
 28 33 52 71 72 81 99 109
 139—144 149 150 210 313
 918.
 Vertikalverbreitung 26 27 37 38
 39 53 92 93 97 108 109 110
 114 118 119 134 135 141 142
 151 155 337.
 Kalkabscheidung 66 107 108 116
 139 172 313 654 822—824.
 Kieselabscheidung 68 69 107 141
 142 656 668 821—825.
 Humusbildung 33 52 108 143
 157 165 678 764 854.
 Versteinerung 101 102 140 201
 853—854.
 Algier 73 282.
 Aljaska 580 743 844.
 Aln 767.
 Alangordleck-Gletscher 740.
 Altauseer See 767.
 Amargosathal 579.
 Amazonas 94 127 687.
 Ambarawathal 812.
 Amboina 211 289 322 512 863.
 Ameisen 91.
 Amerika 11 14 185.
 Ammoniten XXIV 144 145 509—516
 984.
 Amphibien 95 175.
 Amphipoden 45 152 240.
 Amphitheater s. Kesselthal.
 Amsterdam-Insel 13 939.
 Anaerobe-Bakterien 106.
 Analogie 984 985.
 Analyse stratigraphische XXII.
 Ancona 28.
 Anegada-Insel 931.
 Aneitum-Insel 513.
 Angra Pequena 613 796.
 Anhydrit 704.
 Anneliden: Allg. Bionomie 7 17 18 19
 24 51 64 71 85 102 103 122
 129 145 172 189 203 276 286
 296 330 422 570.
 Nahrung 7 71 93 101 102 157
 158 330 422.
 Horizontale Verbreitung 30 32
 71 93 98 101 189.
 Vertikale Verbreitung 30 116 168
 286.
 Versteinerung 71 101 102 157 158
 199 205 668 674 889.
 Anomuren 526—527.
 Anorganische Bewegungen L.
 Anpassung 125 130 153 174 853.
 Antarktik 12 38 43 47 141 142 150 382
 466 584 676 701 861 870 953 960
 967.
 Antego 853.
 Anthoptiliden 278.
 Anthozoen 7 199 267—295 350 414 528
 668 673.
 Antiklinalen 606 618.
 Antillen 81 385 526 528.
 Antipatharien 278.
 Antofagnasta 796.
 Aphotisches Gebiet 4 10 26 136 137 151
 185.
 Aphroessa-Insel 936.
 Apophyse 682.
 Appendikularien 233.
 Aptychen 510.
 Apygia 346.
 Arabien 613 614 794.
 Arabische Wüste 792.
 Arad-Insel 863.
 Arafurasee 141.
 Aragonit in Muschelschaalen 707.
 Archangel 274.
 Archipele 15 21 81 82 169—176 893
 —951.
 Archipele vulkanische s. Vulkaninseln.
 Arendal 129.
 Argentinien 578 796.
 Argostoli 723.
 Arizona 178 581 615.
 Arktik 12 142 147 148 164 328 378 521
 887.
 Armenien 790.
 Arroh 786.
 Artesische Brunnen 134.
 Artikulaten 205.
 Ascension-Insel 174 313 317 938 943.
 Asche vulkanische s. Tuff.
 Asciden 18 75 98 108 113 119 122.
 Aspronisi 939.
 Asien 12 80 580 844.
 Assakak Gletscher 740.
 Asseln s. Isopoden.
 Assimilation 2—7 10 16 36 85 106 121
 234 801.
 Assimilationsgrenze 4 37 136 137 165 183.
 Assiut 591.
 Asteriden: Bionomie 20 24 55 75 160
 301—302 304.
 Bewegung 19 76 302.
 Nahrung 157 302.
 Horizontalverbreitung 30 98 101
 114—123 203 204.
 Vertikalverbreitung 302—311.
 Versteinerung 203 204.
 Astrachan 788 795.
 Atakama-Wüste 556.
 Atbara 777.
 Atchafalaye-Fluss 772.
 Athmung 7 85.
 Atlantik 11 48 49 55 59 68 74 81 142
 147 163 173 179 185 578 676 701
 862 879 897 954 958 960 966 969.
 Walther, Einleitung in die Geologie.

- Atmosphäre 544 551 579 726.
 Atoll 102 674 695 889 901.
 Atollsee 131 123 s. a. Lagune.
 Atrio del Cavallo 570.
 Aude 872.
 Auflagerung: 540 547 550—553 609 721.
 Masse der 551 620 642.
 Böschungswinkel der 13 31 54
 99 156 169 170 171 570 571
 633—636 638 639 650 655
 657 680 683 685 689 691—2
 724 736 737 738 750 751 755
 756 761 764 770 771 779 780
 782 786 792 793 794 796 798
 819 820 830 839 840 842 844
 845 846 878 889 891 901 903
 —906 931 936 938—942.
 Auflagerungsfläche 552 620—641 724.
 Auflösung des Kalkes 65 212.
 Auftrieb 21.
 Augen 17 42—45 158 159.
 Auglapadlartok 733.
 Aunis 890.
 Aurea-Gebirge 614.
 Auskeilen der Schichten 626 630 631
 636 639 650.
 Auslaugung s. Diagenese.
 Auslese natürliche 27 28 32.
 Auslese der Gesteine 541 545 566 610
 642 644 645 652 676 677 758 791
 797 836 978 994—1000.
 Austern s. Ostrea.
 Austernbank XIII 91 106 129 203 249
 313 388 591 675 889—890.
 Australien 12 210 247 281 350 614 648
 796 884.
 Avisio 758.
 Ayin Marcha 779.
 Ayin Musa 671 780.
 Azoren 81 174 175 527 584 938.

 Bab-el-Mandeb 60.
 Bad Lands 614.
 Baffinsmeer 349 583.
 Bagdad 577.
 Bahamabänke 143 288 903.
 Bahia Blanka 845 848.
 Bahrein-Insel 863.
 Bajae-Golf 37.
 Baker-Inseln 838 933.
 Bakterien 104 105 106 155 314 569 655
 660 669 679 680 698 708 711.
 Baku 760.
 Balaniden 518.
 Ballah See 189.
 Ballast der Robben 648.
 Baltimore 803.
 Bambus 678.
 Bamlas-Gletscher 598.
 Bandasee 49 285 512 863 888 940.
 Bangka 806.
 Banguls 464.

 Banianen 810.
 Barrahead 585.
 Barbados 487.
 Barchan s. Bogendüne.
 Baritto 703.
 Barranco 826.
 Barr-Andlau 713.
 Barre 650 658 769 785 814 850.
 Barringtoniaform 90.
 Bartenwale 144.
 Baryum 699 705.
 Basaltische Bruchstücke 944.
 Basel 605.
 Bas Escaut, Golf von 210.
 Bassam-Fluss 586.
 Baskuntschak-See 787.
 Bastion del Tocco 685.
 Basstrasse 352 354 432 484 500.
 Batag-Insel 933.
 Batavia 271.
 Bäume s. Holz versteinertes.
 Baumwurzeln transportieren Felsblöcke
 648.
 Bedingungen des Lebens 1—9.
 Befestigungsorgane 18.
 Beginn des Lebens 1 2 6 9.
 Behringsbrücke 14.
 Behringsstrasse 12 14 48 358.
 Belle-Isle 583 886.
 Belemniten 205.
 Belgien 210.
 Belt 59.
 Benares 704 815.
 Bengalen 126.
 Benguelastrom 586.
 Benthos 17—20 26 44 73 74 81 84 104
 106—111 137 150 152 154 155 173
 184 209 214 246 512 667 870 938
 983.
 Berchtesgaden 582.
 Berggiesshübel 716.
 Bergsturz 547 570 601.
 Berlin 677.
 Bermudas 170 171 173 174 217 220 272
 274 283 521 633 674 889 897 903
 929 930 931 932.
 Bernhardkrebe s. Einsiedlerkrebe.
 Bernstein s. Kopal.
 Besteg 626.
 Bewegung, organische und anorganische 1
 der Thiere 18 19 146 439.
 Biafo-Gletscher 747.
 Biarritz 585.
 Bilateral Bau 19 20 268 312 346 388
 437.
 Bilma 786.
 Bilsenkraut 763.
 Bilokulinenschlick 965.
 Bimstein 562 568 682 688 890 932 945
 971.
 Binnensee s. Süßwassersee.
 Binneneis s. Inlandeis.
 Binsen 763.

- Biokrystalle 66.
 Bionomie XX.
 Biosphäre 543 547 572 640 643.
 Biscaya-Golf 390.
 Bittersee 189 190 657 786.
 Bitumen s. Humus.
 Bivalven s. Muscheln.
 Blasenräume in Lava 683 819.
 Blatt, Schutz gegen Verdunstung 89.
 Blatt, versteinert 727.
 Blattmoose s. Moose.
 Blaue Grotte, Lichtfarbe 35.
 Blaueis-Gletscher 582.
 Blauschlamm 54 140 157 158 250—256
 647 661 696 699 878—880.
 Blei 68 269.
 Blinde Tiere 41 42.
 Blitzröhren 844.
 Block-Island 211.
 Blocklava s. Schollenlava.
 Blockmeer 565 566.
 Blockstrand 27 98 99 761 834.
 Blöcke am Meeresboden 172 648 836 869.
 Blue Mountains 605.
 Blutegel 162.
 Boala 808.
 Bodeneis s. Steineis.
 Bodensee 161 569 669 672 765 768.
 Bodentemperatur des Meeres 48 49 55
 83 163.
 Bodenwasser s. Grundwasser.
 Böschung s. Auflagerung.
 Bogendüne 792 793 794 796.
 Bohrende Tiere 18 53 71 96 97 249
 313 333 344 390 391 405 422 423
 439 478 488 518 519 570.
 Bohrloch von Schladebach 543.
 Bombay 191 621.
 Bombe, vulkanische 682 687 692 817 820.
 Bona 282 433 701.
 Bonifazio-Strasse 282.
 Bonneville-See 657 781 782.
 Boraxsee 657 784.
 Borku 793.
 Borneo 703.
 Bornholm 872.
 Borstenwürmer 246.
 Botanik X.
 Bottomles-Pit 586.
 Bougainville-Insel 285 288.
 Bougainville-Riff 633.
 Brachiopoden: Anatomie 346 347.
 Entwicklung 24 145 347.
 Bionomie 17 24 64 168 346—348
 352 353.
 Horizontalverbreitung 348—354.
 Vertikalverbreitung 116 118 166
 168 347—354.
 Versteinerung 66 204 348 668 674.
 Brachiuren 527—528.
 Brackwasser 646.
 Brackwasserorganismen 62 66 127 208
 209 214 216—230 292 296 428 429
 450.
 Brandung 73 90 92 96 169 278 585 600.
 Brandungsgrenze 96 124.
 Brandungszone 96.
 Brasilien 319 320 556 662 807 815 884
 930.
 Braunalgen s. Tange.
 Brauneisenstein s. Eisengesteine.
 Breccien (s. a. Gehängeschutt):
 Bildung 554—571 642 649.
 im Polarland 359 734—735.
 in der Gem. Zone 756.
 im Wüstengürtel 777 778 781.
 im Tropenland 804 806 807.
 an Vulkanen 565 691 825 827.
 im Litoral 359 834 836.
 in der Flachsee 870 871.
 auf Korallenriffen 932.
 auf Vulkaninseln 936 948.
 in der Tiefsee 953.
 Bretagne 879 887.
 Brisbane 59.
 Bristolkanal 71.
 Brom 666.
 Brothers Insel 948.
 Brutpflege 53.
 Bryozoen: Anatomie 18 331.
 Entwicklung 20 24 145 332.
 Bionomie 7 17 24 52 64 75 93
 98 122 131 172 275 332 528.
 Horizontalverbreitung 52 93 98
 131 172 333.
 Vertikalverbreitung 122 167 332
 —345.
 Versteinerung 52 66 68 337 633
 668 674 707 889.
 Buchten, abgeschnittene 658.
 Büffel 827.
 Bülk 875 876.
 Buenos Ayres 351.
 Bundelkhand 807.
 Bourbon 389 683.
 Burdess 578.
 Burkardtswalde 714.
 Burtneck-See 765.
 Butten 76.
 Cabot-Fluss 583.
 Cadiz 519.
 Cagliari 433.
 Calabrien 758.
 Calais 838 847.
 Calanda 576.
 Calococyten 21 139 140 150 956.
 Calcutta 127 579.
 Californien 97 313 579 680 881.
 Canada 558 766 768.
 Canadische Seen 80 766 834.
 Canale Grande 129.
 Canaren 3 175 349 367 579 937 943 950.
 Capland 274 352 803.
 Cap Maysi 520.

- Cap Palmas 350.
 Capri 35 37 234—242 562.
 Capverden-Inseln 175 211 322 369 579
 888 950 951.
 Cap York 432.
 Caracas 802.
 Carbohumin 705.
 Carmel-Bai 586.
 Carnivore Thiere s. Fleischfresser.
 Carolina 30 53 135 150.
 Carterethafen 863 897.
 Caspisee 367.
 Cavagrande 685.
 Cazihas 296.
 Cellulose s. Humus.
 Cement s. Verkittung u. Diagenese.
 Cephalonia-Insel 723.
 Cephalopoden 17—20 24 40 41 42 106
 108 144 204 205 509—516 855.
 Cetaceen 59 94 144 188 519 563 680 743.
 Ceylon 12 275 804 805 812.
 Chaetognathen 24 153.
 Chalineen 247.
 Challengerbank 633.
 Characeen 608.
 Chara Zacha-Fluss 787.
 Chargeh el 591.
 Charleston 81.
 Chartum 777.
 Chateau d'Oex 605.
 Chemie X.
 Chenopodiaceen 88.
 Chepody-Bai 71.
 Cherrapunjea 544 579.
 Chesapeake-Bai 32.
 Chesil-Bank 585.
 Chester 208 220.
 Chile 628 557 777 796 851.
 Chimmedru 557.
 China 330 547 548 604 618 646 798.
 Chinasee 47 49 633.
 Chiam el Makrata 684.
 Chitonen 204.
 Chlorgehalt des Seewassers 59 601.
 Chlorophyll 5 16 37 38 39 121.
 Chlorozoosporeen 38 668 672.
 Chonosarchipel 279.
 Choristiden 247.
 Chorologie 16.
 Christmas-Insel 933.
 Chromaceen 21 139.
 Chromatophoren 41.
 Chromophyll 3 142.
 Cidariden 315.
 Cirrhipeden 17 18 39 40 91 97 145
 517—520 671 688.
 Citta nuova 28.
 Clyde 349.
 Clypeastriden 314.
 Cnidarien 22 23.
 Coccolithen 21 139 140 625 626 670 695.
 Coccosphären 21 139 140 212 507.
 Cod-Kap 53.
 Codiak-Fluss 127.
 Codien 107.
 Cod Ledges 108.
 Cölenteraten 146 245 267.
 Colestin 704.
 Colleville 191.
 Colombo 699.
 Colorado 581 615 616 617 628 728 776
 780 799.
 Comorin-Kap 810 837.
 Concarneau 890.
 Concordanz 552 609 621 630.
 Concretionen 32 698—701 703 815 816
 847 960—961 971.
 Confervaceen 107 172.
 Conglomerate: Bildung 558—601 703
 864.
 im Polarland 645 648 736—740.
 in der Gem. Zone 644 748 756
 —757 758 761 765.
 im Wüstengürtel 723 779 780 782.
 im Tropenland 806 809 810.
 auf Vulkanen 825 827 828—829.
 im Litoral 834—836.
 in der Flachsee 648 869 870 871
 —872.
 auf Korallenriffen 853 932.
 auf Vulkaninseln 948.
 in der Tiefsee 648 953.
 Congo 91 127 547 580 586 809.
 Coniferen 668.
 Constantine Prov. 134 655.
 Cookstrasse 295 352.
 Copelaten 23.
 Copepoden 23 129 152 233 271 528.
 Copiapo 778.
 Coquimbo 851.
 Corail 273.
 Corallinen s. Kalkalgen.
 Corinth 577.
 Corrasion 547 551 588—601 681 686
 778.
 durch Sandwind 557 568 589—592
 598 616 827.
 durch fließ. Wasser 593—596 597
 598 600 757.
 durch Gletscherreis 596—600 748
 829.
 durch die Brandung 600—601 619.
 Correlation s. Korrelation.
 Corsika 282 871 873 890.
 Cossol 911.
 Cottonsoil s. Regur.
 Crinoiden 17 18 20 24 55 76 122 190
 296—300 707.
 Croisik 313.
 Crustaceen s. u. Decapoden.
 Ctenophoren 24 59 64 81 146 153 199.
 Cuba 283.
 Cumana 579.
 Curaçao 709.
 Currisuddy-Insel 275 932.
 Cuxhafen 518 519 699.

Cykladen 115.
 Cyklon 574.
 Cyperaceen 814.

Dachstein 560 749.
 Daciabank 171.
 Daltola 808.
 Dampfdruck 579.
 Dampfporen 683.
 Dämpfe, vulkanische 683 715 821.
 Dänemark 14 129 135 363 702 839.
 Dänemarkstrasse 47.

Danzig 585.
 Daphnae 578.
 Daphnien 61.
 Dardanellen 871.
 Dardschiling 804.
 Dar es Salam 29.

Darg 752.
 Darsserort 59.
 Dart-Riff 633.
 Dauerfossilien XXVIII.
 Dauergesteine XXVIII. 1004.
 Davisstrasse 218 222 224 230.
 Daxlanden 759.

Decapoden (Krebse):

Anatomie 40 158 525—527.
 Entwicklung 24 67 125 164 174 525.
 Allg. Bionomie 8 9 18 19 20 24
41 42 44 51 55 61 64 65 67
76 81 95 97 100 101 158 163
190 233 246 276 297 302 313
525—528.

Nahrung 7 52 89 90 97 99 100
101 143 157 232 276 314 391
525—528 675.

Horizontalverbreitung 31 32 40
52 71 76 91 95 98 113—123
127 143 149 150 152 173 174
189 190 525—528.

Vertikalverbreitung 95 158 163
525—528.

Versteinerung 55 66 125 127 174
201 203 525—528 671 675.

Dee-Fluss 208 216—230.

Deflation 573—579 587 588 589—592
604 611 612 615 617 618 687 719
723 734 762 772 773—774 778 784
791—800 802 810 827—829 833 951.

Deflationsfläche 612—614.

Degenerationsreihe der Augen 43.

Dekhan 621 628 684.

Delphin 82 94.

Delta 102 124 128 609 634 636 761 765
768—772 782 786.

Deltasee 131.

Demavent 687.

Dendritik-Kalk 783.

Dent du Midi 547.

Dentin der Zähne 563.

Denudation 180 205 550—553 573 603
—606 611 612 642 681 721 728
820 831.

Grundgesetz der 610.
 Masse der 551 620 642.
 Endziel der 611 614.

Denudationsfläche 552 567 588 609—619
719 720 734 980.

Denudationsreste 30.

Depression 154 177 617.

Descendenz der Gesteine 542.

Des Chiens Marins-Bucht 485.

Deva 220.

Devin 890.

Diabaskontakt 715.

Diagenese 205 548 693—712 754 764 767
772 788 793 794 798 800 811 814
—816 830—831 849 850 856 881
—883 891—892 933 946 973.

Diagonalschichtung 630 637 638 650 692
774.

Dinklasen 602 603.

Diamond-Harbour 127.

Diaphanes Gebiet 4 10 14 19 137 170
185.

Diatomeen: Schalenform 141 142 146.
 Bionomie 6 17 21 23 62 68 69
82 107 140 141 146 150 155
180 208 209 215 231 233 234
248 297 314 389 507 528 575
655 952 957 966.
 Schlick 141 150 234 242 248 256
—261 669 676 677 753 764
780 852 957 966—967.

Dichte s. Meerwasser.

Dichtezone 47.

Dichtigkeitsmaximum 46.

Dicksenhafen 892.

Dieppe 838.

Diffusion s. Wasserversetzung.
 Zirkulation, Grundwasser.

Dikotyledonen 698.

Diktyochen 21 142 669 677.

Dioritkontakt 714.

Dipteren 672.

Discordanz 552 609 630.
 maskierte 552.

Diskussion erklärende XXII.

Dislokation 1 177 549 602—608 644 730
760.

Distrikte der Seigelverbreitung 316—318.

Djubal-Strasse 902.

Dniester 126.

Dobberan 100.

Doggerbank 31 870.

Doline 561.

Dolomitgesteine 68 208 268 663
674 707—709 765 766 767 884 886
887 891 933 961 972.

Dolomiten von Südtirol 621.

Dom 618.

Dominika-Insel 950.

Donau 135 580 636.

Donney-See 791.

Doppelstöcke bei Rifffkorallen 270.

Drachenbaum 174.

- Drachenfels [574](#).
 Dragogna [878](#).
 Dreikanter [592](#) [774](#) [779](#) [839](#).
 Dresdener Haide [774](#).
 Drift durch Eisberge [583](#) [584](#).
 Druckmetamorphose s. Metamorphose.
 Druck des Wassers [20](#) [55](#) [113](#) [135](#) [161](#).
 Dschumna [709](#).
 Dublin [228](#).
 Dämmer See [754](#).
 Düne [102](#) [635](#) [638](#) [645](#) [702](#) [751](#) [761](#) [772](#)
 [773](#) [774](#) [781](#) [786](#) [788](#) [789](#) [792](#)—[797](#)
 [799](#) [838](#)—[845](#) [852](#) [931](#) [948](#) [950](#).
 Dünenkette [792](#).
 Dünenküste [96](#) [102](#).
 Dünung [72](#).
 Dürre, Wirkung der [725](#) [777](#).
 Dusterbrook [874](#).
 Dugong [94](#).
 Dupont-See [791](#).
 Durchsichtigkeit der Gewebe [145](#).
 Ebbe [70](#) [347](#).
 Ebbelinie [96](#).
 Ebro [636](#).
 Echiniden: Bionomie [18](#) [24](#) [50](#) [51](#) [53](#)
 [55](#) [61](#) [97](#) [98](#) [188](#) [312](#)—[315](#) [321](#).
 Bewegung [19](#) [76](#) [313](#).
 Nahrung [7](#) [157](#) [313](#).
 Bohren in Felsen [71](#) [97](#) [313](#) [322](#)
 [570](#).
 Horizontalverbreitung [98](#) [113](#)—
 [123](#) [172](#) [314](#) [316](#)—[318](#).
 Vertikalverbreitung [53](#) [116](#) [119](#)
 [122](#) [314](#) [319](#)—[328](#).
 Versteinerung [203](#) [204](#) [314](#) [315](#)
 [322](#) [591](#) [710](#) [855](#).
 Echinodermen [7](#) [19](#) [20](#) [52](#) [53](#) [61](#) [64](#) [66](#)
 [75](#) [93](#) [101](#) [115](#) [116](#) [129](#) [145](#) [157](#) [158](#)
 [167](#) [171](#) [189](#) [203](#) [204](#) [233](#) [271](#) [391](#)
 [439](#) [608](#) [674](#) [855](#).
 Edeyen-Wüste [793](#).
 Eibenstock [713](#).
 Eidechse [95](#) [175](#) [176](#) [797](#).
 Eindampfung des Seewassers [849](#).
 Eindringen des Lichtes s. Licht.
 Einfallen der Schichten s. Dislokation.
 Einsiedlerkrebse [51](#) [90](#) [98](#) [99](#) [100](#) [174](#)
 [526](#) [527](#) [797](#).
 Einzelkorallen [74](#) [269](#).
 Einzelligkeit [2](#).
 Einzelwerth XXIII.
 Eis s. Gletscher, Grundeis, Inlandeis,
 Steineis.
 Eisberg [49](#) [277](#) [583](#) [599](#) [644](#) [697](#) [836](#).
 Eisboden s. Steineis.
 Eisenconcretion [591](#) [700](#) [803](#).
 Eisengesteine: Bildung [655](#) [656](#) [662](#)
 [700](#)—[702](#) [709](#) [808](#).
 im Polarland [740](#)—[741](#) [745](#).
 in der Gem. Zone [656](#) [749](#) [751](#) [753](#).
 in Wüstengürtel [794](#).
 im Tropenland [703](#) [808](#) [815](#).
 auf festländischen Vulkanen [911](#).
 im Litoral [701](#) [702](#) [837](#).
 in der Flachsee [700](#)—[702](#) [881](#)—[884](#).
 auf Koralleninseln [932](#).
 auf Vulkaninseln [949](#) [951](#).
 in der Tiefsee [701](#) [955](#) [971](#).
 Eisenquellen [655](#)—[656](#).
 Eismeer (Gletscher) [581](#).
 Eismeer s. Polarmeer.
 Eisschollen s. Scholleneis.
 Eiszeit [130](#) [822](#).
 Elbe [64](#) [135](#).
 Elbrus [749](#).
 Elberfeld [558](#).
 Elbow Bay [931](#).
 Elektrolytische Leiter wirken klärend
 [647](#).
 Elementardüne [793](#).
 Elephant [201](#).
 El Guisr [190](#).
 Elisabeth Port [82](#).
 El Kantara [190](#).
 Ellerbeck [876](#).
 Elm [570](#).
 Elton-See [548](#) [787](#).
 Embryonalwellen [72](#).
 Ems [135](#).
 Endemische Arten [355](#).
 Enderbury-Insel [930](#).
 Endprofil des Thales [610](#).
 Engadin [135](#).
 Engelberg [605](#).
 England [118](#) [580](#) [618](#).
 Enoshima [165](#) [835](#) [887](#).
 Entglasung des Magma [682](#).
 Entsalzung der Gesteine [703](#).
 Entwicklung der Eier im Licht [40](#).
 Epiphyten [90](#).
 Erbsenstein [655](#).
 Erdaxe, Veränderung der, [729](#).
 Erdbeben [1](#) [603](#)—[606](#).
 Erdgeschichte VII VIII X [551](#) [720](#)
 [1005](#)—[1007](#).
 Erdgletscher [559](#).
 Erdpyramiden [735](#).
 Erdradius, verändert durch:
 Denudation [549](#) [550](#) [620](#).
 Auflagerung [540](#) [549](#) [550](#) [611](#) [612](#)
 [620](#).
 Erdrevolutionen [566](#).
 Erdschnecken [440](#).
 Erfrieren der Thiere [8](#) [9](#).
 Erg-Wüste [793](#).
 Erle [742](#).
 Erosion [571](#) [573](#) [579](#)—[581](#) [587](#) [588](#) [593](#)
 —[596](#) [604](#)—[605](#) [610](#) [687](#) [719](#) [723](#)
 [749](#) [756](#) [760](#) [778](#) [799](#) [809](#) [825](#).
 Erosionsfläche [615](#)—[617](#) [757](#).
 Erratische Blöcke [550](#) [647](#) [870](#) [872](#) [953](#).
 Erromanga-Insel [513](#).
 Erstarrungskruste der Erde [642](#).
 Esel, wilde [789](#).
 Esplanade [616](#).

Etagen, geologische 509.
 Etang de Berre 128.
 Etang de Caronte 128.
 Europa 11 14 80 180 580.
 Euryhaline Organismen 62 63 64 69 71
 125 127 269 389 834.
 Euryphotische Organismen 38.
 Eurytherme Organismen 49 50 51 52 72
 183 834.
 Eustatius-Insel 601.
 Exaration 573 574 581—584 587 588 589
 605 611 612 688 734 748 828 846 863.
 Exarationsfläche 617—618 734.
 Exogyren 591.
 Experimentalmethode XI 536 562.
 Explosionsbreccie 691.
 Explosionskrater s. Maar.
 Facettengeschleie 592.
 Facies: 19 25—34 112 120 123 137
 165 170. 183 189 191 210 211
 364 386 389 856 868 872 898
 972—973 989.
 Bezirke 541 623 726.
 Wechsel 541 621 622 628 637 641
 670 745 759 799 987—994.
 heteropische 33 900.
 isopische 33 34.
 Faciesreihe, zonare 869.
 Fadenalgen 821.
 Färbung der Seethiere 41 42 81 145 160
 161 209.
 Färökanal 221.
 Fäulniß 2.
 Fairloch 755.
 Falkland-Insel 351 737.
 Falster 59.
 Faradayhügel 13.
 Faraglioniendecke 176.
 Farbe des Seewassers 144.
 Farbe der Ablagerungen: 725.
 weiss 680 750 767 775 805 823
 824 826 837 873 929 930 963
 966 973.
 roth 561 575 577 586 647 679 702
 766 775 781 794 795 796 804
 805 810 811 815 821 823 831
 837 845 864 866 879 884 932
 963 967 969 973.
 gelb 575 655 702 740 741 749
 750 766 773 774 775 781 792
 794 796 797 798 805 811 815
 816 823 829 831 839 845 849
 853 963 966 967 973.
 grün 647 662 702 864 866 880
 881 887 950 966 973.
 blau 647 661 678 702 764 796
 770 813 828 864 866 872 878
 879 891 929.
 braun 586 655 702 749 750 764
 775 781 798 804 805 816 831
 845 853 864 866 867 879 891
 943 963 965 967 973.

grau 750 762 764 770 775 783
 825 828 845 866 872 873 878
 879 887 891 943 963 973.
 schwarz 578 702 741 743 745 749
 750 752 759 762 764 765 773
 774 775 799 811 812 813 827
 830 837 845 846 852 854 873
 876 878 933 940 950.
 Farne 668 753 812.
 Fauna s. Thiere.
 Faunengürtel 113.
 Felsengrund 30 32.
 Felsenkrabben 76.
 Felsenschnecken 440.
 Felsenstrand 28 87 88 96 97 107 115.
 Felsitische Lava 682.
 Fennek 797.
 Ferdinando, Isola di 634 689 935.
 Ferghanathal 794.
 Fernando Noronha 938.
 Festland 11 719—730.
 Festsitzende Lebensweise 14 17 18 53
 71 74 96 98 209 245 267 269.
 Feuerstein s. Flint.
 Fichtelgebirge 754.
 Fichtelit 754.
 Fidji-Inseln 211 284 512 513 911 940.
 Finisterre 854 886.
 Finnische Golf 129.
 Finnland 565 584 600.
 Fjordthal 618.
 Firn 581 732.
 Firneis 733.
 Firngrenze 732.
 Firth of Clyde 191 222 225.
 Fische: Entwicklung 31 129 146 149
 152 174.
 Bionomie 20 23 24 31 41 42 44
 50 51 65 76 80 95 105 122
 126 127 129 134 144 152 158
 159 160 162 173 271 313 680.
 Bewegung 20 76 80 82 95 102.
 Nahrung 31 82 95 135 149 158
 232 234 276 314 362 391 669.
 Horizontalverbreitung 31 32 65 71
 98 101 115 127 133 135 143
 144 152 173 188 190 276.
 Vertikalverbreitung 134 158 159
 161 162 163 166.
 Versteinerung 55 59 66 162 174
 201 204 234 675 797 827 888
 957.
 Fischgestalt 20.
 Fischzähne 676.
 Fitzroy-Insel 584.
 Fiumaren 581 758.
 Flachlandsküste 96.
 Flachsee: Klima 14 17 19 104—123
 211 272 585 862 866—867.
 Flora 104—111 121.
 Fauna 112—123.
 Ablagerungen 866—892.
 Diagenese 892.

- Fladenlava 685 819.
 Flammingo 103.
 Flechten 6 104 568 668.
 Fleischfresser 20 28 32 44 121 146 149 158 302 313 389 437 438 669.
 Fliege 175.
 Flint 710.
 Flora s. Pflanzen.
 Florida 30 659 675 701 850 884 885.
 Floridaplateau 30 81 107 150 248 279 286 288 293 294 351 354 891.
 Floridastrom s. Golfstrom.
 Florideen 6 17 23 32 38 40 73 106 108 110 122 172 275 286 313 671.
 Flügelmangel insularer Insekten 175.
 Flugsand 557 s. a. Dünen.
 Fluor 268.
 Fluorescenz 36.
 Fluss 57 63 94 135 386 585 644 657 749 753 755—761 780 869.
 Geschwelle 127.
 Denudation 580.
 periodischer 581 757 781.
 Ueberschwemmung 758 781.
 Ablagerungen 4 571 645—647 768—770 869.
 Mündungsgebiet s. Delta.
 Rinne, unterseeische 585 586 765.
 Flusskrabben 780.
 Flussmarschen s. Marschen.
 Fluth 70 127.
 Fluthlinie 96 124.
 Fluthwall 854.
 Fluvioglaciale Gesteine 739.
 Foraminiferen: Bionomie 6 17 23 63 69 74 152 168 172 205 207—214.
 Horizontalverbreitung 28 63 208 —211.
 Vertikalverbreitung 211 216—230.
 Versteinerung 63 69 101 148 158 172 205 208 214 215 505 563 625 662 668 670 673 710 878 881—883 888 957 964—965.
 Formationslehre IX.
 Fosse de l'Avon 586.
 Fossilien 538.
 Fossilreichthum s. Thierreichthum.
 Frankreich 112.
 Franzensbad 755.
 Franz Josephs-Land 221 228.
 Freundschaftsinseln 269.
 Friedrichsort 876.
 Frieren des Seewassers 46 49.
 Friesland 846.
 Frische Haff 585.
 Frische Nehrung 635.
 Fritting 715.
 Frostdrift 559.
 Frostformation s. Steineis.
 Fucaceen 6.
 Fuchs 789 797.
 Fürstenbrunnen 654.
 Fuerteventura 950.
 Fukoideen XXV.
 Fuldjes s. Bogendüne.
 Fumarolen s. Dämpfe.
 Funikuliden 278.
 Furchenstein 569 672.
 Furne 890.
 Gabes, Golf von 873.
 Gaeta 282.
 Galala-Geb. 780.
 Galapagos-Inseln 176.
 Galewo-Strasse 812.
 Gang 538 682.
 Ganges 94 95 102 127 180 389 580 625 636 704 771 815 845.
 Garnelen 97.
 Gascogne-Golf 165 635 845 878 880 890.
 Gasgehalt des Regenwassers s. d.
 Gastropoden s. Schnecken.
 Gazelle 797.
 Gazellenstrom 807.
 Gebirgsdruck 205.
 Geborstene Gerölle 557 559 779 780.
 Gefässkryptogamen 104.
 Gefrierpunkt des Seewassers 46.
 Gehängeschutt 558 570 598 734 744 778 835.
 Gleiten des 547 558 571 735 809.
 Gehäusebildung s. Hartgebilde.
 Gelbes Meer 662 884.
 Gelbe Zellen s. Xanthellen.
 Gemässigte Zone: Klima 727 746—747.
 Ablagerungen 747—775.
 Genfer See 4 764.
 Geobios 16 87 95 115 124 184 214 677 801.
 Geognosie IX.
 Geographie 1006.
 Geologische Veränderungen 120 729.
 Georg-Insel 936 939.
 Gephyreen 173.
 Gera 606.
 Gernersheim 757.
 Gerölle s. Kies.
 Geschlechtsdimorphismus 314.
 Gesellschaftsinseln 929 940.
 Gewitter 567 802.
 Geysir 821—825.
 Gezeiten 14 70 71 84 91 127 559.
 Gezeitenwald s. Mangrove.
 Ghir Kap 11.
 Gibraltar 48 60 83 577 871 891.
 Gimsäh G. 709.
 Girgenti 750.
 Gironde 635 845 885.
 Giseh 591.
 Glas, vulkanisches 682.
 Glaur s. Fritting.
 Glaukonit 215 563 661—663 696 699 700 881—884.

Glenan-Insel 890.
 Gletscher: Grösse 747.
 Transport 559 581 733 736 747 833.
 Corrasion 582 596—600 748.
 Brunnen s. Riesenbrunnen.
 Garten 595.
 See 131 740 748.
 Globigerinen 23 146 171 208 562 563 701.
 Globigerinenschlick 140 158 213 248—264 562 563 584 626 647 662 883 963—965.
 Globus in richtigen Verhältnissen 13 177 178 543 859.
 Glyptolithen s. Dreikanter.
 Goldau 570.
 Goldgehalt des Rheinsandes 759.
 Golfkraut s. Sargassum.
 Golfstrom 30 47 79 80 81 140 142 147 148 150 210 211 581 586 669 878 883 959 963 965.
 Gobi-Wüste 789 795.
 Gorgoniden 275.
 Gospa 574.
 Gotland 65 872.
 Graben 178.
 Gräser 654 668 814.
 Granatkasalz 788.
 Grand 649.
 Grand-Lieu-See 766.
 Grand-Port 61.
 Granitkontakt 713—714.
 Granitstrand 97.
 Graptolithen 204.
 Grasbarren 814.
 Grasnarbe 798.
 Grauschlamm 54 157.
 Great Disnal Swamp 753.
 Greifswald 126.
 Grenzen geologischer Arbeit XXIX.
 Grenzwerte XXIV.
 Grönland 47 52 165 317 360 521 559 583 584 613 618 732—747 833 835.
 Grondine 127.
 Grotta del Tuono 110.
 Grotten s. Höhlen.
 Grünalgen 17 23 73 106 107 110 116 275.
 Grünsand s. Glaukonit.
 Grünschlamm 647 880.
 Grundgebirge 539.
 Grundeis 757.
 Grundmoräne 550 598.
 Grundwasser, festländisches 134 841.
 marines 106 660 696.
 Guam-Insel 446.
 Guano 94 175 680 743 744 763 852 933 951.
 Guatemala 349.
 Guayaquil 350.
 Guéméné 713.
 Guernsey 349.
 Güge-Thal 723.
 Guinea 286 938.

Guineastrom 142.
 Gunung Semeru 812.
 Gurskø 856.
 Gymnosomen 507 508.
 Gypsgesteine 687 697 704 709 782 787 788 789 849 850 933.
 Gypsschlotten 560.
 Hackenwerfen 558 571.
 Hämoglobin, fehlt den Bandfischen 152.
 Hängesack 767.
 Häute, vulkanische 682.
 Haff 835.
 Haffstock 100.
 Haftscheibe der Tange 73.
 Haidesand 774.
 Haie s. Selachier.
 Haiti 273.
 Halistasen 138 143.
 Halle 88.
 Halobios 16—24 87 96 99 124.
 Halosphären 21 23 142 155.
 Hamada 613.
 Hamam Meskutin 655.
 Hamam Musâ-Gebirge 708.
 Hanfla 786.
 Hankon 771.
 Hankou 127.
 Hardanger Fjord 163.
 Harnisch 598.
 Hartfeld 754.
 Hartgebilde 15 19 21 122 123 145 199 207 210 214 231 232 245 247.
 Haurân-Gebirge 684.
 Hautfarbe 31 40 121.
 Haut-See 768.
 Hauteinn 39.
 Hawai-Inseln 175 176 685 819 931 940 948.
 Hebriden 281 353.
 Hebung 179 540 550 895 914 934.
 Hefe 162.
 Heilige Damm 100.
 Heimath 187.
 Helgoland 27 93 107 674.
 Heliotropismus 38 39 40 121 188 271.
 Heliozoen 231.
 Helsingborg 703.
 Herbivore-Thiere s. Pflanzenfresser.
 Hereroland 796.
 Hermaphroditismus 18.
 Heseperthwist 754.
 Heteropie 33 213 637 680.
 Heteropoden 24 81 146 232 562 668 671.
 Heuschrecken 578.
 Hexakorallen s. Korallen.
 Hexaktinelliden 248 249 250.
 Hilbre 220.
 Hilleh 577.
 Himalaja 178 597.
 Histologie X.
 Hoangho 580.
 Hochebenenlaterit 807.

- Hochland-Insel 584.
 Hochsee s. Offenes Meer
 Hoff, Karl von XV.
 Höhlen: Bildung 561 653 911.
 Organismen 4 37 170.
 Ablagerungen 538.
 Holland 579.
 Holoplankton 22 139 152.
 Holothurien 7 19 24 32 98 101 115 116
 157 161 172 204 329—330 605 674
 855.
 Holstein 839 846.
 Holtzenau 874.
 Holz, versteinertes 668 749 764 768 771
 772 790 827 830 842 844.
 Holzhafen 897.
 Holzlaus 175.
 Homochronie 510 516 536.
 Homologie 984 985.
 Homotaxie 510 983.
 Honolulu 948.
 Horizonte IX.
 Horn, Kap 11 12.
 Hornkees 582.
 Hornschwämme s. Keratosa.
 Hornsund 742.
 Horst 178.
 Houtmanns Abrolhos 897.
 Howland-Insel 933.
 Hudson 127 586.
 Hudsonbai 12.
 Huerbe 672.
 Humboldt-Bai 82.
 Humusgesteine: Bildung 89 95 108
 545 678—679 694.
 im Polarland 741—743.
 in der Gem. Zone 704—705 749
 751—755 759 760 766 772 773
 im Tropenland 605 725 728 811
 —814.
 auf festländischen Vulkanen 830.
 im Litoral 89 727 847 851—852.
 in der Flachsee 580 876 888.
 auf Korallenriffen 932—933.
 auf Vulkaninseln 578 951.
 in der Tiefsee 580 954.
 Humussäuren 564 568 702 705.
 Hundertfadenstufe s. Kontinentalstufe.
 Huron-See 597.
 Hurreegonga 126.
 Hyäne 100 797.
 Hydrachniden 129.
 Hydrocharitaceen 91.
 Hydroiden 16 17 30 52 64 75 82 97 122
 131 145 152 160 172 222 228 248
 267 275 528 668 674.
 Hydromedusen Z.
 Hydrosphäre 543 547 553 572 719 857.
 Hydrostatische Organe 21 146 162 232.
 Hydrozoen s. Hydroiden.
 Jakal 789.
 Jakobshavn 581.
 Jakutsk 744.
 Jamaika 605.
 Jan Mayen 887 939.
 Japan 314 321 324 326 328 347 350 351
 352 353 376 676.
 Jarvis-Insel 933.
 Java 802 812 819—821 820—827 828
 830 848 893 899 947 949 958.
 Javasee 29.
 Iberg 710.
 Jena 626.
 Jenissei-Fluss 741 742.
 Jersey 72.
 Iguidi-Wüste 793.
 Imatra-Fluss 595.
 Indien 292 341 547 613 614 709 807
 810 813 815.
 Indik 12 20 48 78 94 143 144 179 350
 676 701 862 960 969.
 Infusorien 6 17 21 23 162 199 200 233.
 Ingolstadt 605.
 Injektion 682.
 Inkohlung 704 754.
 Inlandeis 581 583 611 612 732.
 Insekten 9 24 52 59 95 135 175 569.
 Inseln s. Archipele, Korallenriffe, Vulkan-
 inseln.
 Inseln, schwimmende 768.
 Insolation 556 557.
 Intrusion 682.
 Invariable Schicht 660.
 Jod 68 666.
 Jouan, Golf von 872.
 Iquique 853.
 Irische See 192 202 217 223 224.
 Irkaipij 735.
 Ischia 237 239 242 837.
 Island 47 82 213 317 390 548 583 820
 821—822 827 828 829 830 851.
 Isle de Bas 886.
 Isle of Pines 513.
 Ismailja 189.
 Isokrymen 51 138 140 274 277 897.
 Isopische Gesteine 33.
 Isopoden 43 44 298 524—525.
 Isothermen 47 50 80 98 138 140 726 776.
 Istrien 28.
 Italien 282.
 Itaparika-Riffe 674.
 Juan de Fuca 286.
 Jütland 88 632 638 847.
 Julia-Insel 169.
 Käfer 175 797.
 Kairo 557 777.
 Kalala 786.
 Kalk: Gehalt des Quellwassers 654—655
 658 751.
 Gehalt des Seewassers 66 658 666
 697 849.
 Gehalt der Pflanzen 107—109 172
 668—693.
 Gehalt der Thiere 65 66 67 207.

- 245 268 315 388 665—666
 668—676.
 Gehalt der Sedimente 607 705 766
 837—838 870 885—892.
 in der Gem. Zone 751 767.
 im Wüstengürtel 657 779 780 783
 791.
 im Tropenland 811.
 auf festl. Vulkanen 821—823.
 im Litoral 209 584 772 837—838
 849—850 854—855.
 in der Flachsee 210 660—662 870
 884 885—892.
 auf Korallenriffen 170 898 901
 927—931.
 auf Vulkaninseln 947—948 950.
 in der Tiefsee 212 508 956—958
 963—966 969 972.
 Bildung durch Diagenese 591 699
 701—703 705—710 772 798
 800 973.
 Auflösung des 315 500 561 562
 563 690 959.
 Zerstörung der Schichtung 716.
 Kalkalgen 27 66 67 108 116 122 172
 180 204 210 338 492 633 668 672
 674 701 703 707 887—888 928.
 Kalkbryozoen s. Bryozoen.
 Kalkfacies 670.
 Kalksand 170 217 477 485 525 601 662
 669—670 694 695 791 890 899 914
 926 927.
 Kalkschwämme 66 245 673.
 Kalksinter 751 780 783 811.
 Kalkstrand 97.
 Kalmar 129.
 Kalnen 576.
 Kalte Area 54 83 221 872.
 Kaluganga-Fluss 759.
 Kamarane 270 291.
 Kammkiemer 438.
 Kampf ums Dasein 125 270.
 Kanal 871 872 873 880 890 891.
 Kangerdlukasik-Fj 740.
 Kantara el 579.
 Kautengerölle 502.
 Karabugas-Golf 785.
 Karabisches Meer 108 150 157 256 299
 333 383 954.
 Karakum-Wüste 794.
 Karische See 12 48 834 892.
 Karlsbad 665 664 655 751.
 Karrenfeld 560 609.
 Karst 561 578.
 Kaspisee 45 68 135 367.
 Kattegat 130.
 Kebrüt-G. 709.
 Kee-Insel 699.
 Keeling Atoll 144 172 901 905 928 929
 931.
 Kehl 759.
 Keimsporen 27.
 Keratosa 245 247 434.
- Kerguelen-Inseln 172 247 249 286 323
 578.
 Kesselthal 612—614 616 734.
 Kettengebirge 178.
 Key-Inseln 659 850 885.
 Khotan 575 797.
 Kiel 26 65 69 92 129 680 873.
 Kiemen 7.
 Kiemenwürmer s. Anneliden.
 Kieselquellen 656 821—825.
 Kieselsäure 68 69 141 201 205 208 231
 233 268 591 668 676—678 705 709.
 Kieselchwämme 52 245 247 249 669
 677 678.
 Kieselinter 821.
 Kieserit 789.
 Kiesgesteine: Bildung 565—566 644
 645 649 734.
 Oberfläche der Gerölle 588—601
 648 778.
 im Polargebiet 582 736—740 744.
 in der Gem. Zone 565—566 582
 592 644 748 756—758 762 764.
 im Wüstengürtel 592 779 780 782.
 im Tropenland 809—810.
 auf festl. Vulkanen 828 829.
 im Litoral 99 585 834—836.
 in der Flachsee 13 54 202 204 246
 583 648 870 871—873 879.
 auf Korallenriffen 601 932.
 auf Vulkaninseln 948.
 in der Tiefsee 13 583 648 953.
 Diagenese der 694 703.
 Kiesstrand 99 114 761 836 871.
 Kii-Inseln 249 293.
 Kilaua 680.
 Kilimandscharo 829.
 Kisilkum-Wüste 794.
 Kiuschiu 348.
 Klärungsbecken 774.
 Klagenfurth 77.
 Klastische Gesteine 642.
 Klima 977.
 Klimazonen 726 776 801 862.
 Klippenbrandung s. Brandung.
 Klüfte 602.
 Knochenbreccie 669.
 Knochenfische s. Fische.
 Knochenlager 725 726 743.
 Knospung 18 272.
 Kobalt 68.
 König Georgs-Hafen 433.
 Königsberg 129.
 Königswinter 574.
 Körpertemperatur 50.
 Kohle s. Humusgesteine.
 Kohlenflötze, brennende 8.
 Kohlensäure 4 5 560 563 564 706.
 Kohlensäuregährung 706.
 Kohlensaures Ammoniak 564.
 Kokan-Wüste 638.
 Kolumbien 350.
 Kolyma-Fluss 735.

- Kompensationsströme 79.
 Konglomerate s. Kiesgesteine.
 Konstanz der Ozeane 860.
 Kontaktmetamorphose s. Metamorphose.
 Kontinent 11.
 Kontinentalabfall 13 878.
 Kontinentalinsel 12 123 169.
 Kontinentalklima 731.
 Kontinentalrand 150.
 Kontinentalschlamm 868.
 Kontinentalstufe 11 14 21 867.
 Kopal 852.
 Kopepoden s. Copepoden.
 Kopfbildung 19.
 Kophobelemoniden 278.
 Koprolithen 102 158 234.
 Korallen: Bionomie 7 17 18 39 40 64
 74 119 122 123 156 160 170
 172 268—277 329 347 348 423
 526 527.
 Horizontalverbreitung 29 30 64
 119 274 275 277.
 Vertikalverbreitung 123 168 170
 279—295 893.
 Versteinerung 65 67 100 268 276
 277 591 633 707—709 854.
 Riffbildung 29 122 889.
 Korallenriffe XIII XXV 12 29 30 34
 40 51 74 84 91 94 95 98 107 119
 131 144 169—173 180 184 210 215
 216—227 246 247 249 268—278 279
 —295 314 319—326 329 333 351
 354 371 391 409 423 428 431 439
 442 467 470 475 483 489 495 499
 500 504 527 561 633 635 640 663
 673 674 697 707—709 806 862
 892—933.
 Korallensand s. Kalksand.
 Korallenschlamm 929—930.
 Korallinen s. Kalkalgen.
 Korallinenzone 109 113 114 119 210.
 Korallophile-Fauna 915—926.
 Korea 350 353.
 Kormoran 483.
 Korngrösse der Sedimente 648 649 724.
 Korrelation der Organe XXV 193
 975.
 der Lebensbezirke 193—196 976.
 der Faciesbezirke 974—981.
 der Gesteine 637 974—981 979.
 Kosmischer Staub 549 954—955 971.
 Kosmogenen VII.
 Kosmopolitische Thiere 15 137 148 166.
 Kosser 282 910 915—926.
 Krabben 51 72 76 82 89 91 97 99 100
 102 105 124 134 144 175 189 527
 —528 670 797 855.
 Kraftsdorf 569.
 Krakatau 82 180 271 687 688 942.
 Krater 687 691.
 Kratersee 173 174 826 830.
 Kreidestrand 97.
 Kreislauf der Gase 86.
 der Kräfte 5.
 des Stoffes 544.
 des Wassers 1 857.
 des Kalkes 67 697.
 der Salze 858.
 Kriechspuren s. Spuren.
 Krokodile 91 827.
 Krümelstruktur des Bodens 569.
 Krustenflechten 568.
 Kryokonit 734.
 Kryptogene Entwicklung 126.
 Krystallirte Sandsteine 702 703.
 Krystallkraft 703.
 Küchenreste 129.
 Küste 126 142.
 Küstendrift 585 835 837 838 890.
 Kuka 802.
 Kupsendünen 842.
 Kuro-Schiwo-Strömung 81.
 Kukunor 789.
 Knnkur 815 816.
 Kupfer 269.
 Kurilen 177.
 Kurische Haff 64 585 844.
 Kutiat Giaturfä 785.
 Kuttalan 810.
 Laboc 874.
 Labradorstrom 150.
 Labyrinthische 95.
 La Chaume 854.
 Lärche 743.
 Lagergang 682.
 Lagos 586.
 Laguna Muga 586.
 Lagune 19 87 173 753 761 799 835 901.
 Lagunenküste 96.
 Lahn-Fluss 709.
 Lahontan-See 657 781 783.
 Laich 28.
 Laichzeit 31.
 Lakkolith 682.
 Lambathsee 135 392.
 Lamellibranchiaten s. Muscheln.
 Laminarien 41 52 172 210 414 491 569.
 Laminarienzone 109 113 114 118 210
 415 469 470 491.
 Lampaul 886.
 Lanpoong-Bai 688.
 Landanomuren 527.
 Landhalbkugel 10.
 Landkrabben s. Krabben.
 Landpflanzen 7 8 15 104 568 669 679.
 Landschnecken 59 102 175 527 785 799.
 Landthiere 7 9 15. s. a. Geobios.
 Landwind 833.
 Langeness 863.
 Langkofel 621.
 La Nouvelle 871 885.
 Lanzarote-Insel 685.
 Lapilli 687.
 La Plata 389 726 844.

- Laterit 546 564 567 703 803—811 821
932 951.
 Laternen der Tiefseefische 159.
 Laubblätter 648.
 Laubschnecken 440.
 Lausitz 714.
 Lava 538 601 681 683—686 710 935—
937 950.
 Lavadecke 684.
 Lavakeller 686 818.
 Lavastrom 685 691 818.
 Lawine 547 598.
 Lebensbezirke des Meeres 10—15 729 975.
 Lebu 269.
 Lechuua Uadi 89.
 Leeseite 635.
 Lehm 546 555 567 773.
 Leitfossilien VIII IX XXVIII 26 214
215 348 509—516 862 983 1005.
 Leitgesteine XXVIII 1004 1005.
 Lepadiden 518.
 Lepsö 856.
 Les Granges 854.
 Leukerbad 605.
 Lewiston 595.
 Ljantschina-Bai 854.
 Lianen 90.
 Libysche Wüste 614 635 703 794.
 Licht 3 4 7 26 35 45 51 110 112 113
121 151 155 437.
 Lichtenau 584.
 Lignit s. Holz.
 Lijufjord 853.
 Liliengewächse 174.
 Lima 761.
 Linnobios 15 16 61 124 125 163 173 332
347 389 853.
 Limonit s. Eisengesteine.
 Linse 636.
 Lion, Golf von 890.
 Liparen-Inseln 939.
 Lipariden 161.
 Lissabon 296.
 Lithisten 247.
 Lithogenesis 537 817 818—820.
 Lithogenetische Bedeutung der Orga-
 nismen 1001—1004.
 Lithogenie XXII 537.
 Lithoidkalk 783.
 Lithoklasen 602 622.
 Lithosphäre 543 551 627.
 Litoral: Klima 13 719 729 730 833—
834 855—856.
 Flora 53 87—93 172 183 843 846
848 873.
 Fauna 52 53 94—103 115 172 183
190 835.
 Ablagerungen 586 789 832—856.
 Diagenese 856.
 der Süßwasserseen 134.
 Livorno 219.
 Loango 802 808.
 Loch Fyne 216 700 960.
 Löffelreiherr 103.
 Löslichkeit der Mineralien 560 643.
 Löss 575 646 773 798.
 Lössmännchen 704 798.
 Lösungen, natürliche 651 665.
 Lösungsrückstand der Verwitterung 643.
 Loire-Fluss 885.
 London 125.
 Luc 836.
 Lücken der Ueberlieferung 199—206.
 Lüneburger Haide 677.
 Luftbewegungen, horizontale 576.
 vertikale 574.
 Luftfeuchtigkeit 802.
 Luftgehalt des Meteorwassers s. d.
 des Meerwassers s. d.
 Lummen 94.
 Lunda 813.
 Lungener See 634 764.
 Luvseite 635.
 Luzern 595.
 Luzon 600 806.
 Maar 691.
 Macclesfeldbank 633.
 Macruren 160.
 Madagaskar 12 442 464 467.
 Madeira 171 175 279 322 391 685.
 Madreporiden 268.
 Madreporienriff s. Korallenriff.
 Madura 813 815.
 Märjelen-See 600 748.
 Maerl 887.
 Mafun 797.
 Magellanstrasse 319 323.
 Magua, vulkanisches 547.
 Magnesia s. Dolomit.
 Magnolien 753.
 Mahé-Insel 175 444 451 474.
 Mahrahleschwar 802.
 Maine 524.
 Mainz 705 759.
 Makaluben s. Schlammsprudel.
 Malabar 567.
 Malakodermen 172.
 Malayischer Archipel 329.
 Malediven 695 901 929 930.
 Malta 158.
 Manberan-Fluss 82.
 Mamelon central 683.
 Maumuth 743.
 Maumuthsprings 654 822 823.
 Manaar, Golf von 276 899.
 Mandra 654.
 Mangangesteine 154 625 689 700 701
953 971.
 Mangrove 72 87 90 91 102 329 419 428
428 847.
 Man-Insel 202.
 Manila 348.
 Mansfelder See 762—764.
 Maranchao 564.
 Margarethen-Bai 559.

- Marianen-Inseln 905.
 Marokko 171 351.
 Marmor 205.
 Marquesas-Insel 940.
 Marshall-Inseln 172 901 929 930.
 Marschen 760.
 Marseille 128 885.
 Marsupialien 59.
 Massauah 786.
 Masse der lebenden Substanz 2.
 Matea 708.
 Matilda Atoll 911.
 Matri 593.
 Matuka-Insel 512.
 Maulwurf 44 569.
 Mauritius-Insel 64 172 273 274 288 290
326 439 455 468 497.
 Medaillen der Schöpfung 539.
 Medium 191 192.
 Medoc 585.
 Medusen 17 22 23 59 61 63 74 81 100
125 127 131 145 146 148 152 161
189 199 232 267 854 855.
 Meeresalgen s. Algen.
 Meeresboden 13 26 27 32 125.
 Meeresfläche 22 47.
 Meerespflanzen 51 73 92.
 Meeresräume 12.
 Meeresströmung s. Strömung.
 Meerestheile 12.
 Meerestiefe 13.
 Meeresvögel s. Vögel.
 Meereswandel 182—184 896 914.
 Meereswellen s. Abrasion.
 Meerleuchten 22 39 42 43 51 105 140
145 147 148 151 159 188 271.
 Mermaidstrasse 284.
 Meermühlen 723.
 Meerschildkröten s. Schildkröten.
 Meerwasser: Masse 181.
 Entstehung 858.
 Dichte 46.
 Salzgehalt 57—69 70 83 84 124
125 128 137 658 858.
 Luftgehalt 7 84.
 Verwitterung durch 562 567.
 Temperatur 7 8 9 20 46—56 79
80 113 138 149 150 151 163
208 270 297 306 897.
 Gefrierpunkt 9 46 49.
 Memelfluss 63.
 Mendocino-Kap 586.
 Mergel 205 662.
 Merida 790.
 Mermaidstrasse 329.
 Meroplankton 20 22 80 125 139 144 152
437 517.
 Messina 33 66 213 232 703.
 Metamorphose durch Kontakt 205
548 639 712—718 824 830.
 durch Druck 717—718.
 Meteorwasser 57 59 84 85 560 579 651
652 755.
 Methoden der Geologie VII—XIII.
 der Lithologie 535 537 539.
 Mexiko, Golf von 104 251 265 297 524.
 Mexiko, Land 577.
 Midnapur 806.
 Miftah el Geleh 684.
 Migrationen, aktive 188 191 262
404 510 515.
 passive 188 404.
 Migrationstheorie 192.
 Mikrofauna 33 65 93.
 Mikrolithen 682.
 Mikroplankton s. Ernährung.
 Milleporiden 314 326.
 Millport 701.
 Miltitz 714.
 Mimicry 40—42.
 Mineralogie X.
 Mineralogische Karten VII.
 Mineralquelle 653.
 Mineralsand in der Tiefsee 648.
 Minikoy-Insel 901.
 Mississippi 82 135 425 580 636 694 769
770 771 772 845.
 Missolonghi 937.
 Mittelamerika 81 108.
 Mittelmeer 47 48 55 58 60 69 114 127 142
163 179 185 186 217 220 222 230 319
349 351 366 580 706 871 872 879 889.
 Mittelmeere 11 12 869.
 Mittelwerthe XXIV.
 Mön-Insel 856.
 Möve 94 103 483 743 797.
 Mogador 171.
 Mohrs Theorie der Kalkbildung 695.
 Mojave-Wüste 795.
 Mokkatam 575 800.
 Molekulare Krystallkraft 558.
 Mollusken 15 30 32 33 55 63 64 65 66
95 121 122 129 132 133 134 143 144
162 171 189 191 234 302 355—516.
 Monaco 871.
 Monaktinelliden 247 249.
 Mond, Einfluss auf das Meer 70.
 Mono-See 791.
 Monrovia 314 327 337 889.
 Monsune 78.
 Monte Nuovo 895.
 Moor, Hoch- 752 767 812.
 Niederungs- 131 753 767 794.
 Wald- 742 743 753.
 Ausbrüche 755 830.
 Eisen 702.
 Moose 104 654 668 741 821.
 Moräne: 582 605 644 735—740 741
748 828.
 Oberflächen- 582 735 829.
 Grund- 582 598 599 736.
 Stauungs- 582 735 736.
 End- 583 600 736 828.
 Seiten- 582 599.

Moränen-See 829.
 Morterey-Bai 586.
 Mosambique 852.
 Mt. Lavinia 805.
 Mudholes 211.
 Mudlumps 773.
 Münsterthal 606.
 Muggia-Bai 28 208.
 Muirgletscher 836.
 Muldenthal 606.
 Muniden 160.
 Murracyteen 21 140.
 Murrbrüche 571 598.
 Mursuk 797.
 Muschelbänke 130 202 203 204 890.
 Muscheln: Allg. Bionomie 7 8 17 18
 24 32 33 37 40 51 64 65 68
 69 71 75 77 97 103 122 129
 145 172 209 353 387—391 438
 439 488 519 525 570 669.
 Horizontalverbreitung 8 26 40 52
 65 72 82 101 108 113—123
 128—134 172 355—386.
 Vertikalverbreitung 37 113—123
 128 391—435.
 Versteinerung 68 82 94 101 203
 204 205 386 391 488 525 562
 669 675 706 707 761 762 855
 877.
 Muschelsand s. Kalksand.
 Muskeln, fossile 201.
 Mytilaceen 127.
 Myxospongien 245.
 Nachsacken der Vulkane 180 820.
 Nachtplankton 145.
 Nadirfluth 70.
 Nährsalze 3 9.
 Nagethiere 569.
 Nahrung 9 18 21 67 81 121 157 164 234.
 Naht der Diatomeen 141.
 Nakttschnecken s. Schnecken.
 Nasselarien 231 677.
 Natal 350 600 695.
 Natronsee 657 790—791.
 Nattheim 710.
 Neakaimen-Insel 936 939.
 Neapel, Golf 27 37 50 55 62 74 105
 108 110 122 151 155 210 235 269
 297 314 332 335 337 341 347 388
 520 660 661 671 675 678 879 886 887.
 Nebenmeere 127 869.
 Nefud-Wüste 794.
 Nehrung 585 761 782 835.
 Neigung des Meerbodens s. Auflagerung.
 Nekton 20 26 31 44 80 84 126 137 144
 155 190 390.
 Nemi-See 826.
 Nereiden 127.
 Nesselzellen 271.
 Neubritannien 513 689.
 Neucaledonien 513 811.
 Neuenburg 605.

Neuengland 526 699.
 Neufundlandbänke 32 362 513 559 583
 599 890.
 Neugeorgien 513.
 Neuguinea 82 173 812 852.
 Neuhanover 174.
 Neuhebriden 270 512 513.
 Neumecklenburg 863.
 Neuseeland 269 352 375 471 512 522 523.
 Neusibirische Inseln 743.
 Neusiedler See 765.
 Nevada 657.
 Newhaven 280.
 New Jersey 280 715.
 New Lisbon 703.
 Niagara 594 595.
 Nichtsedimente 622.
 Nickel 68.
 Niederschläge s. Meteorwasser.
 Niederschläge, Perioden der 766 767.
 Niedrige Insel 901.
 Nil 391 580 614 625 703 705 728 771
 776 777 784 786 814 848.
 Nilgiri 806.
 Nipaformation 90.
 Nirano 750.
 Nitromonas 6.
 Nittanythal 560.
 Nizza 849.
 Noesa Kambangan 90.
 Noirmoutier 890.
 Noktiluken 23.
 Nordafrika 11 575.
 Nordamerika 30 80 141 180 186 545 558
 580 614 736 744 795.
 Nordsee 14 26 27 31 41 62 72 142 871
 873 891.
 Normalebene der Faltung 606.
 Normalprofil XIX 983.
 Normalwasser 107.
 Normandie 98 191.
 Norris-Basin 824.
 Norwegen 13 80 82 106 120 165 219
 353 360 774.
 Nowaja-Semlja 108 220 741.
 Nubien 792.
 Nukleobranchiaten 204.
 Nulliporen s. Kalkalgien.
 Numea 347.
 Nummuliten 591.
 Nunatak 617 733 747.
 Nunatarsuak 737.
 Nuvera Ellia 812.
 Oahu-Insel 176 948.
 Ob-Fluss 741.
 Oberfläche des Meeres s. Meeresfläche.
 Oberflächeneis der Flüsse 757.
 Oberflächentemperatur des Meeres 47 147.
 Obidos 127.
 Oceanologie 1006.
 Ochotsk 352.
 Ocker s. Eisengesteine.

- Odessa 105.
 Oekonomie des Lebens 2 10.
 des Meeres 2 15 21 81 82 139
 149 150 156 165.
 Oelhaltige Schiefer 661.
 Offenes Meer 14 17 21 47 51 71 94
 137—153 183 185 195.
 Ogishke Muncie 703.
 Ogowe-Gebiet 815.
 Oktokorallen 288.
 Onrust 271 839.
 Ontologie XII XIX—XXX.
 Ontologische Methode XII XIX—XXX
 536.
 Oolith 659 699 704 751 791 797 805
 849 884.
 Ophiuriden 24 98 116 118 160 203 298
 301—311.
 Opistobranchiaten 437.
 Oran 282 389.
 Orbitoliten 210.
 Organische Bewegungen 1.
 Organismen des Meeres s. Halobios.
 Orgeln, geologische 560 615.
 Orinoko 82.
 Ortler-Gebiet 599.
 Ortsbewegung der Thiere 19 21.
 Oscillation 182 859 991.
 Oscillatorien 21 22 23 143 654.
 Ostafrika 811 852.
 Ostrakoden 152 201 233 520—524 671
 957.
 Ostsee 26 50 58 59 62 65 69 72 100
 127 129 130 142 154 332 363 389
 518 611 669 738 839—844 871 872
 873 880.
 Otolithen 201 675 676.
 Ouad bu Terkfîn 557.
 Ouadi s. Uadi.
 Oued Rir 134.
 Ouessant 886.
 Owens-See 791.
 Ozeane, Eintheilung der 11.
 Ozeanologie s. Oceanologie.
 Packeis 53 72 98.
 Paguriden 670.
 Paignton 75.
 Paläontologie X.
 Palagonit 568 625 947.
 Palais 886.
 Palau-Inseln 95 210 951.
 Palkstrasse 275 878 892 928 932.
 Palma-Insel 685.
 Palmen 175 780 810 811 813.
 Pampas 725 796 799.
 Panama 91 104 349 399 424 444 462.
 Panaria-Insel 939.
 Papenburg 754.
 Papua 220.
 Paraklasen 602 603.
 Parana-Fluss 704 726 815.
 Parancabiaba 802.
 Parasiten 2 17 32 246 248 249 297.
 Passatstaub 575.
 Passatwinde 78 79 574 576.
 Patagonien 223 252.
 Patellen 108.
 Paterno 750.
 Paumben 275.
 Paumotuarchipel 288.
 Payta 528.
 Pazifik 12 49 143 151 178 215 676 699
 701 890 862 897 954 990 999.
 Peking 575.
 Pelagische Thierwelt s. Plankton.
 Pelikan 103.
 Pelit 649.
 Pelozem s. Schlammsprudel.
 Penäiden 526.
 Pennaroch 886.
 Pennatuliden 278.
 Peridinceen 21 142 233.
 Perlen-Inseln 950.
 Pernambuko 701 929.
 Persien 556 788 789.
 Persien, Golf von 880.
 Peru 349.
 Peru-Insel 931.
 Pescapräformation 90.
 Petrographie X.
 Petroleum 661.
 Petrotallagalla 804.
 Petschora-Fluss 59.
 Pfalz 711.
 Pfanne 12.
 Pflanzen 1 6 16 17 19 20 21 23 26 37
 109 110 155 953.
 Pflanzenfresser 2 20 26 28 31 32 52 112
 121 151 158 168 437 438.
 Pflanzenreichthum 38.
 Pflanzensamen im Meerwasser 81 82
 89 92.
 Phänomenologie der Gesteine 538.
 Phäodarien 22 231 677.
 Phanerogene-Entwicklung 126.
 Philippinen 95 283 286 432 524.
 Phillipsit 154 625.
 Phleggräische Felder 695.
 Pholaden 82.
 Phosphatgesteine 67 215 268 661 662
 680 696 699 700 709 743 753 767
 882 933.
 Phosphorescenz s. Meerleuchten.
 Phryganeen 673.
 Phykoerythrin 36.
 Phyllopoden 152.
 Phylogenie der Gesteine XXII 541.
 Physik X.
 Pilaimuddum 929.
 Pilze 5 156 246 668.
 Pilzfelsen 594.
 Pinguin 94 648.
 Pläntitz, brennende Kohlenflöze s.
 Plage d'Adge 391.
 Planarien 19 173.

Plankton 20—23 28 39 60 74 80 81 99
129 134 135 139—153 155 168 170
173 211—213 271 274 297 388 439
468 506—508 520—524 667 678 700
870 956.
Plateaulaterit 803.
Platten-See 766.
Plattfische 161.
Plattkofel 621.
Plattwürmer s. Planarien.
Pleuronektiden 161.
Pleuropygia 346.
Po-Fluss 680 636 848.
Point de Galle 275 804.
Pola 28.
Polarland: Klima 559 611 727 731—734
746 833 834 835.
Niederschläge 732.
Verwitterung 559 565 734.
Deflation 734 844.
Exaration 735—740.
Erosion 738 740 761.
Abrasion 835.
Geobios 52 731 741 752.
Ablagerungen 734—745 752 852.
Polarmeer 48 51 52 54 72 83 84 98
140 142 147 150 166 227 228 277
355—358 521 559 647 676 953 956.
Polas-Insel 527.
Polycheliden 526.
Polychrome Gesteine 556.
Polycystinen 232 233 695.
Polygonale Trockenisse s. d.
Polymorphismus 331.
Polypen s. Hydroiden.
Pommern 135.
Porenvolumen 694 755 764.
Porne 872.
Port du Bon Port 886.
Port Jackson 441.
Port Nicholson 512.
Porto da Lenha 91.
Porto di Chioggia 129.
Porto di Lido 129.
Porto Praya 313.
Porto Seguro 701.
Port Said 190.
Portsmouth 191.
Port Stanley 351.
Porzellanschnecke 762.
Posilipo 110.
Positano 562.
Potameen 91.
Poulinguen 313.
Pourtalesplateau s. Floridaplateau.
Pozzuoli 837 873.
Prärie 545.
Pravemünde 837.
Principe-Insel 938.
Prosobranchiaten 437.
Protisten 2 19.
Protokauliden 278.
Provence 578 850.

Provinz: aleutische 377.
aralo-kaspische 367.
arktische 355.
austral-see-ländische 373.
boreale 358.
japanische 376.
indopazifische 30 275 371.
kalifornische 378.
karaibische 383.
keltische 362.
lusitanische 364.
magellanisch-antarktische 381.
ostamerikanische 275.
panamische 379.
patagonische 382.
peruanische 380.
südafrikanische 370.
transatlantische 385.
westafrikanische 367.
Psammit 649.
Psammospogien 245.
Pseudoglaciale Phänomene 598.
Pseudoplankton 17 21 81 139 518 671
678.
Pt. Canning 341.
Pt. Delgado 586.
Pt. del Nasone 601.
Pteroididen 278.
Pteropoden 23 24 59 146 147 150 153
204 212 232 505 506—508 562 668
671 701 957 965.
Pteropodenschlick 140 150 507 647 662
671 680 695 965—966.
Pteroptiliden 278.
Pt. Huanema 586.
Pt. of Gorda 586.
Pulmonaten 437 440.
Purpurbakterien 4.
Putziger Nehrung 585.
Pycnogoniden 160.
Pyramidalgeschiebe s. Dreikanter.
Pyrenäen 347 872 873.
Pyrosomen 153.
Quallen s. Medusen.
Quarnero-Golf 37 50 109 703.
Quebben 767.
Quellen 604—605 652 663 749 779 950.
am Meeresgrund 863 897.
Quellgebiet 749—755.
Quellkuppe 683 684 817 935.
Quemenez 886.
Radialer Bau 18 19 268 296 301 312.
Radiaten s. Korallen und Echinodermen.
Radiolarien 6 21 22 23 63 69 83 129
145 146 148 150 153 180 208 215
231—244 248 297 563 625 660 676
677 957.
Radiolarienschlick 140 233 234 248 680
967—969.
Radjmahal 807.
Radjputana 789.

- Ramesveram 707 801 932.
 Randmeer 12 59.
 Rasenerz 655.
 Ratnapura 759.
 Ratte 789.
 Rauni-Lagune 851.
 Raubfische 669.
 Raubkrebse 669.
 Raubthiere s. Fleischfresser.
 Rauhe Alp 612.
 Red River 772.
 Regenerationsvermögen 18.
 Regenmenge 564 579 580 776.
 Regenspuren 797.
 Regenwurm 103.
 Regenzeit 802.
 Regionen der Riffkorallen 275.
 Regur 813—814.
 Reibungsconglomerat 686.
 Reiche der Seeigel 316.
 Relatives Verhältniss der Faunen 201
203.
 Reliktenformen 131—133 185.
 Reliktensee 14 131—134 173.
 Renilliden 278.
 Reptilien 24 144.
 Reservestoffe 137 165.
 Réunion-Insel 951.
 Reuss 765.
 Reval 129.
 Rewa 269.
 Rhabdolithen 139 140 670.
 Rhabdosphären 21 139 140 212 670 956.
 Rhein 135 644 645 702 757 759 765
772.
 Rhinoceros 743.
 Rhone 128 580 636 765 772 885.
 Rhologie 757.
 Riasküste 618.
 Riedgräser 763.
 Riesenthiere der Vorzeit 725.
 Riffbildung 899 908.
 Riffkorallen 14 29 39 64 74 183 270—
276 562 697 907—909 912—914.
 Riffücken 561 912 s. a. Höhlen.
 Rimini 216 221 224 225 230.
 Rio della Plata 279 293 294.
 Rio Janeiro 801 807.
 Rippelmarken 102 774 781 796—797 839
849 878.
 Risano-Fluss 878.
 Risham 847.
 Roanok-Fluss 135.
 Robben 94 97 648.
 Rochen 31 41 76 101.
 Röroos 774.
 Romö-Insel 836.
 Rosengarten 621.
 Roskoff 51 347.
 Rotatorien 24 233 569.
 Rothalgen s. Florideen.
 Rothauge 670.
 Rothesay 102.
 Rothes Meer 29 58 60 83 88 94 100 107
119 130 179 186 190 210 220 246
—247 279—295 297 322 372 527
545 548 659 673 786 797 847 850
884 889 897 929.
 Rothschlamm 647 662 696 884.
 Rother Tiefseethon s. Tiefseethon.
 Ruten-Insel 837.
 Rückmeer 12.
 Rügen 871.
 Rügenwaldesmünde 839.
 Rujakura-Fluss 391.
 Rundhöcker 588 613 617 618 828.
 Runn of Kutsch 659 785 789 851.
 Russland 773 799.
 Rutschfläche 598.
 Ryk-Ys-Inseln 52 740.
 Sableau 890.
 Sable-Kap 30.
 Sablettes 872.
 Säugethiere 24 133 391 709 799.
 Säulen der Lava 819.
 Säureausscheidung an Wurzeln 568 802.
 Sagitten 22 23 129.
 Sahara 547 557 635 793.
 Saibling 135.
 Saintes-Maries-Golf 885.
 Salerno 886.
 Salina-Insel 939.
 Salinas-Fluss 586.
 Salpen 22 23 81 146 153 232.
 Salpetrige Säure im Regen 564 802.
 Salsen s. Schlammgesprudel.
 Salz 558.
 Salzburg 605.
 Salzgehalt der Luft 57 784.
 Salzgesteine: Bildung 560 657 711
784—797 849 850.
 im Wüstengürtel 784—791.
 im Tropenland 811.
 auf festl. Vulkanen 826.
 im Litoral 850—851.
 auf Vulkaninseln 950.
 Diagenese 787—788.
 Salzpflanzen 88 763.
 Salzquelle 653.
 Salzsee 657 781—791 811.
 Salzvegetation 87 88 89.
 Salzwüste 784—792.
 Samba 811.
 Samboangan 82.
 Samoa-Insel 940.
 Samum 578.
 Sand: Korngrösse 649.
 spez. Wärme 555.
 Bildung 556 792.
 Porenvolumen 694.
 Sandbank 650.
 Sandgebläse s. Corrasion.
 Sandgesteine: Bildung 556 566 567
—568 632 635 637 649 799.
 Polargebiet 734.

Gem. Zone 762 765 770 773—774.
 Wüstengürtel 791—797.
 Tropenland 809 810—811 816.
 Festl. Vulkane 827.
 Litoral 27 28 71 99 100 107 115
584 761 836—845 949—950.
 Flachsee 869 872—874.
 Korallenriffe 916 931.
 Vulkaninseln 949—950.
 Tiefsee 953.
 Fossilgehalt 28 29 30 71 75 76
88 91 100 101 115 116 128
204 209 269 301 330 347 389
528.
 Sandgletscher 796.
 Sandstein 97 204 206.
 Sandstrand 99 836—845.
 Sand, vulkanischer 820.
 Sandwichs-Inseln s. Hawaii.
 San Pedro 97 313.
 San Thomé 938.
 Santorin-Insel 600 934 936 939.
 Sardinien 282 891.
 Sargassomeer 142 143 471 678.
 Sargassum 21 81 104 138 143 471 527.
 Sauerstoff 7 85 590 752.
 Saumriff 64 270.
 Zagerack 59.
 Schachtelhalme 668.
 Schären 65.
 Schakal 100.
 Schamo-Wüste 795.
 Schattenpflanzen 3 27 38 39 50 111.
 Schattenthiere 39 272.
 Schelde 31.
 Schellfisch 670.
 Schichtenklima 47 110.
 Schichtung 551 602 620—641 649
650 687 716 739 771 967 972 990.
 Schiefer, krystallinische XXIX 539.
 Schieferung 205 603 622 717—718.
 Schildkröten 95 100 144 145 174 175
176 191 519 827.
 Schilfgewächse 753 763 781 799.
 Schizopoden 23 44 45 152.
 Schlamm 26 105 106 135 156 864
s. a. Thongesteine.
 Schlammfresser 20 28 85 102 103 122
150 157 158 330.
 Schlammgeysir 825.
 Schlammlava 827.
 Schlammprudel 750—751 780 786 825.
 Schlammstrom 547 571 598 601 750 755
826.
 Schlammvulkan s. Schlammprudel.
 Schlangen 94 175 789.
 Schlangensterne s. Ophiuriden.
 Schleimabsonderung 60 273.
 Schlernkluft 628.
 Schlick 864.
 Schlieren, vulkanische 683.
 Schliffflächen 547.
 Schlosszähne der Muscheln 77.

Schmarotzerpflanze 5.
 Schneelz 676.
 Schmetterlinge 91 175 578.
 Schnecken: Bionomie 8 9 17 19 24
33 39 41 51 52 61 65 68 72
75 77 82 93 95 97 98 103 108
145 158 391 437—440 518.
 Horizontalverbreitung 8 26 30 40
52 65 93 102 108 113—123
124 128—134 143 173 355—
386.
 Vertikalverbreitung 113—123 158
440—506.
 Versteinerung 199 201—204 591
609 675 707 761 762 767 797
855 889.
 Schnee, durch Ocker gefärbt 741.
 Schneefall im Polarland 732.
 Schneegrenze 747.
 Schneeschmelze 635 640.
 Schneewasser 599.
 Schollen 41 76.
 Scholleneis 584 601 648.
 Schollenlava 685 819.
 Schoravegetation 88 89.
 Schorre 71 73 93 98 101 210 832.
 Schott Melrir 785.
 Schotter s. Kies.
 Schottland 119 165 884 966.
 Schrammen, glaciales 583.
 Schutzfärbung 41.
 Schutzrinde, braune 779.
 Schwämme s. Spongien.
 Schwärmsporen 38 50 139.
 Schwarzathal 595.
 Schwarzerde s. Tschernosjom.
 Schwarzes Meer 130 135 366.
 Schweden 131 364.
 Schwefel 679—680 709 933.
 Schwefelbakterien 679—680.
 Schwefelsee 826.
 Schwefelkies 753.
 Schwefelwasserstoff 937.
 Sciacca 348 889.
 Seilly-Inseln 26.
 Scopeliden 161.
 Scyphistomapolyphen 145.
 Sebcha s. Salzwüste.
 Secca di Benda Palummo 28 106 171
210 297 889.
 di Capo Miseno 30.
 Sediment 25 177 179 620 622.
 Sedimenttuff 690.
 See 14 77 131—135 170 586 645 657
751 761—768 950.
 Seealgen s. Algen.
 Seeanemonen s. Aktinien.
 Seebeben 606.
 Seegräser 17 23 26 29 32 41 63 73 74
75 91 92 144 155 186 210 678 679
874 917.
 Seegurken s. Holothurien.
 Seeigel s. Echiniden.

- Seckreide s. Alm.
 Seeland 753 767 852.
 Seenreihe 136.
 Seeschildkröten s. Schildkröten.
 Seeschlangen 133 144.
 Seeschwämme s. Spongien.
 Seeschwalbe 94 103.
 Seesterne s. Asteriden.
 Seewasser s. Meerwasser.
 Seewind 833.
 Seifengebirge 758.
 Seine-Fluss 64.
 Seitenschub 177.
 Selachier 82 95 165 190 518 563 676
 680 958.
 Selaginelle 812.
 Selzthal 704.
 Senkung 177 178 549 550.
 Sennar 703 802.
 Septarien 815.
 Serapeum 189.
 Sermilik-Gletscher 618.
 Serpult 674.
 Sertularien 519.
 Set-G. 709.
 Severn-Fluss 594.
 Sevier-See 790.
 Sewastopol 249.
 Shetland-Inseln 141.
 Shingle-Insel 275 932.
 Sibirien 126 201 579 742.
 Sicilien 581.
 Siebenbürgen 209.
 Siedepunkt des Wassers 3.
 Sierra Leone 579 802.
 Sikayana-Atoll 932.
 Silber 68 269.
 Silttunnel 593.
 Simons-Bai 274.
 Sinai - Halbinsel 29 211 501 600 792
 850—898.
 Singapore 806.
 Sinkströme 156 157.
 Sinter 654.
 Siphonaten 32.
 Siphonophoren 7 22 24 146 151 153 199
 232 855.
 Sipunkuliden 276.
 Sirenen 94.
 Skagen 636 852.
 Skaptar-Gletscher 818.
 Skeletgebilde s. Hartgebilde.
 Smithsund 358.
 Smyrna, Golf von 205.
 Fog 584.
 Soimowetz 600.
 Solfatara 831.
 Solnhofen 201 560 626.
 Solomon-Insel 513.
 Solothurn 626.
 Somberrit 709.
 Somerset-Insel 298 931.
 Somma 601.
 Sonderlo 400.
 Sonne, Einfluss auf Gezeiten 70.
 Sorrento 837 873 950.
 Spaa 605.
 Spalten 602.
 Spaltenfrost 558.
 Spaltenthal 606.
 Spaltpilze s. Bakterien.
 Spanien 270 884.
 Spanisch Pt. 616.
 Spannkraft 5.
 Spatangiden 313 315.
 Spezifische Arten 355.
 Spezifisches Gewicht des Plankton 148.
 Spezifische Wärme 46.
 Sperone 565.
 Spezia 230.
 Sphärozoen 233.
 Spinne 95 173 175 297 797.
 Spitzbergen 52 82 108 147 148 357 735
 740 741 743 851.
 Spongien: Bionomie 7 16 17 18 22
 39 51 63 66 68 74 145 213
 245—250 313 391 434 519 528.
 Horizontalverbreitung 52 98 101
 131 189 248 528.
 Vertikalverbreitung 116 168 170
 247 250—266.
 Versteinerung 69 205 208 249
 710 854.
 Spongiten 248 626.
 Sporadische Arten 355.
 Spottdrossel 176.
 Spumellarien 231 677.
 Spuren 100 101 102 103 205 797 834 843.
 Sta. Barbara-Canal 586.
 Sta. Cruz 248 701.
 Stadien des gesteinsbildenden Vorganges
 540 543—548 550.
 Städte, versandete 795.
 Stammbaum der Gesteine 643.
 St. Anton-Kloster 780.
 Staub 649 797—799.
 Staubbeweg. 578 797.
 Staubsäule 574 575.
 Staubtheilchen, Dichte der 576.
 St. Cassian 323.
 Stechapfel 763.
 Steilküste 71 96 618.
 Stein 569.
 Steinbutte 41.
 Steineis 731 742 743—744.
 Steinhuder Meer 767.
 Steinkern 215 563.
 Steinschläge 570.
 Steinströme 737.
 Stenohaline Organismen 62 63 64 69 146
 853 897.
 Stenophotische Organismen 36 38.
 Stenotherme Organismen 49 50 52 150
 168 183 277 897.
 Steppe 778 797.
 St. Georgshafen 173.

- St. Gilles 878.
 St. Helena 317 938.
 St. Jago 282.
 St. Thiago 950.
 Stickstoff 7.
 Stier 827.
 Stiff 886.
 St. Lorenz 127 135 317 361 837.
 St. Malo 97.
 Stock 682.
 Stockbildende Thiere 14 15 18 19 74 270 272 277 331.
 Stockfisch 670.
 Stockholm 129 130.
 Stockwerke des Meeres 660 696 860—861 866.
 Stoffwechsel 18 21.
 Stopfeskuppe 716.
 St. Paul-Insel 38 172 174 175 350 938 939.
 Strachyptiliden 278.
 Strand s. Litoral.
 Strandbildung 71 637 729.
 Strandküste 96.
 Strandriff s. Saumriff.
 Strandriffsee 131.
 Strandterrassen 835.
 Strandverschiebung 619 859.
 Strandwall 99 100 835 854.
 Strandwallsee 131.
 Strassburg 576 757.
 Stratigraphie IX 981 983 1006.
 Stratovulkan 692 818.
 Strivan-Loch 48.
 Strömungen 21 27 32 47 53 54 60 78 —82 84 138 140 150 151 174 212 234 386 585.
 Strömungsschema 79 138.
 Strömungstheorie von Zöppritz 79.
 Strom s. Fluss.
 Stromatoporen 674.
 Stromboli 939.
 Strudellöcher 595.
 St. Thomas 107.
 Stützorgane s. Hartgebilde.
 Sturmfluth 640.
 Sturmvogel 126.
 Sturmwall 95 854.
 Sturzdüne 874.
 St. Vincent 210 282 313 351 888.
 Südafrika 556 796.
 Südamerika 84 580.
 Südpolarmeer s. Antarktik.
 Sües 188—190 372 695 699 849 850 884.
 Süßwasserfische 60.
 Süßwasserorganismen s. Limnobios.
 Süßwasserschwämme 678.
 Süßwassersee s. See.
 Sulphide 157.
 Sulsee 49 141.
 Sumatra 82.
 Sumpf s. Moor.
 Sumpferz 655.
 Sumpfgas 772.
 Sund 130.
 Sundainsel 12 942.
 Sunderbunds 771.
 Suspensionen, Niederschläge von 646 952.
 Sydney 105 353.
 Syenitkontakt 714.
 Sykouen 52.
 Sylt 839.
 Symbiose 6 887.
 Synaptiden 329.
 Synklinalthal 607 618.
 Synonymen 215.
 Systeme, geologische VI.
 System, palaeontologisches 200.
 Tabaschir 678.
 Tabatteldil 951.
 Tademayt 557.
 Tännengebirge 560.
 Tageslicht 35.
 Tagesplankton 145.
 Tahiti 170 174 175 634 906 929.
 Taimyrsund -735.
 Tambraparni 816.
 Tang (s. a. Sargassum) 17 20 23 32 52 68 71 73 81 82 93 97 106 107 108 110 143 149 157 666 669 675 678 875.
 Tanganyikasee 133.
 Tangrand 107.
 Taschenkrebse s. Krabben.
 Tasmanien 12 414.
 Taussara 557.
 Tehuantepek 351.
 Tejo-Fluss 296.
 Teisten 743.
 Tektonik VIII X.
 Tell Nebeshch 579.
 Tembroro 180.
 Temperatur der Luft 554 555 571 579 646 801.
 Temperatur, normale, der Erdoberfläche 555.
 Temperaturinseln 48 53.
 Teneriffa 348 443 943.
 Teraidüne 810 932.
 Termini 605.
 Termiten 811.
 Terra Rossa 561 688 932.
 Terrace 790.
 Teschburun-See 657.
 Tetrakorallen 298 s. a. Korallen.
 Tetraktinelliden 247 249.
 Teven-Bucht 854.
 Texas 557 790.
 Thalassikollen 233.
 Thames-Fluss 269.
 Thekosomen 507.
 Thera 939.
 Therasia 939.
 Thermen 8 653 821.
 Thiere 1 2 6 16 17 18 23 24 31.

Thierfresser s. Fleischfresser.

Thiergeographie 1006.

Thierreichthum 7 52 71 98 108 149 150
164 171 205 213 249 276 297 314
418 421 964 970.

Thinolitkalk 783.

Thongehalt des Seewassers 581 952.

Thongesteine: Bildung 566 580 644
649 760 803 867 879 955.

Polarland 359 583 740.

Gem. Zone 135 571 574 605 750
761 762 764—766 768 773.

Wüstengürtel 575 577 780 782
797—799.

Tropenland 803 805 810 811 816.

Festl. Vulkane 821 825 826—827
828—829.

Litoral 26 91 102 115 584 769
770—772 845—848.

Flachsee 105 106 156 583 584
585 647 868 876—878 879—
881 884 885—886.

Korallenriffe 561 930 932.

Vulkaninseln 943—946.

Tiefsee 156 952 955—956 963
969—972.

Fossilgehalt 27 28 30 31 44 45
71 85 88 91 101 112 115 116
128 156 202 204 209 269 271
276 348 528.

Thongallen 847.

Thorntonbank 31.

Tiber 636.

Tibet 723.

Tientsin 575.

Tiefeneenlaterit 807.

Tiefengesteine 715.

Tiefenphotometer 35.

Tiefenwanderung des Plankton 40.

Tiefenzonen der Algen 37.

Tiefsee: Klima 4 9 15 26 51 53 83
84 109 120 154—168 585 652
862 952 958.

Fauna 4 15 20 22 42 43—45 55
121 123 155 156 160 161 211
231 276 329 389 438 525 526
956 973.

Ablagerungen 32 165 234 625 645
652 677 688 694—695 698 701
894 943—947 952—973.

Diagenese 563 568 694—701 959
973.

Tiefseeräuse 158.

Tiefseethon 140 157 246 252—266 568
662 680 695 696 969—972.

Tiger 91.

Timbuktu 808.

Timor 847.

Timsah-See 189 190.

Tinevelly 815 816.

Tintenfische 41.

Tintinnoiden 507.

Tivoli 751.

Todtes Gebirge 560 561.

Todtes Meer 105 657 785.

Tolstoi-Kap 743.

Tongatabu 281 929.

Topidunga-Gletscher 598.

Tor 314 709 784 888.

Torf 694 702 704 741—743 774 781
812 852.

Torre del Greco 567 837 873 950.

Torres-Strasse 271 882 932.

Tortugas-Inseln 81 273 349.

Toulon 578.

Tozeur-Saline 785.

Trachonen 684.

Trachypteriden 162.

Transgression 182 991.

Transport der Ablagerungen 547 572
—587 645 667 723
der Organismen 126.

Trapani 282.

Travankore 880.

Travertin s. Sinter, Kalk.

Treibeis 49 833.

Treibeisgrenze 49 277 583 724.

Treibholz 82 99 727 743 744 772 851
s. a. Holz.

Trevignon 890.

Trias Cove 347 353.

Trilobiten XXIX 43 524.

Tridymitische 687.

Triebsand 841.

Triest 28 188 213 246 314 877.

Trinidad 127.

Tripel 234.

Tristan d'Acunha 171 938.

Tritschinopoli 813 814.

Trochiten 204.

Trockenrisse 102 735 741 764 847.

Trockentuffe 689.

Trockenzeit 802.

Trombe 575.

Tropenland: Klima 557 560 564 567
678 728 752 801—816.

Flora 679 725 811—813.

Ablagerungen 803—816.

Diagenese 703 709 815.

Tropenmeer 142 150 212 231 458 647
676 677 893.

Tropfsteinhöhlen 561.

Trübung des Wassers 27.

Tschagos-Insel 904.

Tscheljuskin-Kap 735.

Tschernosjom 773 799.

Tubuai-Insel 940.

Tuffgesteine: Bildung 169 681—682
686—690 804 817.

Festl. Vulkane 820—821.

Vulkaninseln 169 937 943—951.

Diagenese 695 711.

Tuffvulkan 817.

Tulamore 755.

Tulpenbaum 753.

Tundra 731 741.

- Tunikaten 17 24 116 120 166 204.
 Tunis 351 577.
 Turan 794.
 Turbellarien 24.
 Tungor der Pflanzen 62 569.
 der Thiere 248.
 Turkmenien 780.
 Uadi 581.
 Uadi Dugla 557.
 Uadi Maghara 591.
 Uadi Onum Ruthi 557.
 Uddevalla 130.
 Uebergangsformen 34.
 Uebergangszone 166.
 Ueborgusschichtung 631 635 639.
 Ueberschiebung 552.
 Ufer, Zerstörung der 584 585 s. a. Abrasion.
 Uleåborg 59.
 Ulvacoen 107 172.
 Umballa 807.
 Umbelluliden 278.
 Unbewegtes Meer 70 81.
 Unteraargletscher 581 740 749.
 Untergrund s. Facies.
 Upanga-Riff 929.
 Upsala 130.
 Ural 565.
 Urmeer 8 58 179 859.
 Ernährung 21 81 139 149 157.
 Utah 613 789 791.
 Utrikularien 213.
 Vaghai-Fluss 816.
 Vaippar-Fluss 816.
 Valparaiso 354.
 Vandimensland 494.
 Vanikoro 423.
 Variabilität 214 312 328 421 452 471.
 Vasodentin 676.
 Vaucherien 107.
 Vegetation 72 109 112 113 123 209 225
564 574 576 577 587 741.
 Venedig 28 92 772.
 Venezuela 740.
 Verbindungsströme 79.
 Verdunstung 83 579 659 755 801.
 Vererbung der Facies 33.
 Verkiesselung 709 933.
 Verkittung 694 701 702.
 Vermont 558.
 Verschleppung der Fossilien 115.
 der Sedimente 740.
 Versteinen s. Diagenese.
 Versteinerungsreichtum, scheinbarer 591
632.
 Vertikalzirkulation s. Zirkulation.
 Verudupatty 816.
 Verwerfung 602 603.
 Verwesung 2 66 669 696.
 Verwitterung 181 546 554—571 572
642 821.
 physikalische 554—559 560 592
735 789 796 808.
 durch Salz 558.
 chemische 560—568 615 652 802
803 946.
 im Schatten 564.
 organische 561 568—571.
 cumulative 547 571 803.
 einfache 565.
 komplizierte 565.
 Endprodukte der 561 562 565.
 Grenzfläche der 567.
 Grundgesetz der 566.
 Vesuv 548 634 685 687 820 895.
 Viel 890.
 Vierwaldstätter See 765.
 Viktoriahafen 353.
 Villafranka 35.
 Vilseck 754.
 Virguliden 278.
 Visp 605.
 Viti 209 906.
 Vögel 50 91 94 97 100 126 145 175
187 391 680 789 795 797.
 Völs 628.
 Volturmo 872.
 Vopnafjörðr 82.
 Vulkane, festländische: Bildung
131 178 729 817.
 Denudation 570 681 821 825—829
831.
 Flora 174 175.
 Ablagerungen 818—831.
 Vulkaninseln 169 171 562 609 863
934—951.
 Vulkanischer Sand 944.
 Vulkanischer Schlamm 943.
 Vulkanisches Glas 946 968.
 Vulkano 687.
 Wadi s. Uadi.
 Wärmecapazität des Wassers 40.
 Wärmeschicht, invariable 47 48 49 50 113
860 866.
 Wärme, spezifische 46 555.
 Waigatsch 854.
 Waldregion 742.
 Waldverwüstung bei Erdbeben 605.
 Wale s. Cetaceen.
 Walross 94 743.
 Wanderdüne s. Düne.
 Wanderfische s. Fische.
 Wandersand s. Küstendrift.
 Wandervögel s. Vögel.
 Wanderungen, horizontale 33 80 87
94 95 126 127.
 vertikale 40 146 147 151 168 183
188 232 507 508.
 periodische 127 187.
 migratorische 188 202 991.
 Wangeroo 584.
 Wanne 617 657 737.
 Warmblüter 50.

- Warme Area [54](#) [872](#).
 Wasser [3](#).
 Wasserbewegung [17](#) [32](#) [76](#) [77](#) [122](#) [123](#)
 [138](#) [149](#) [870](#) [898](#).
 Wasserfall [594](#).
 Wasserhalbkugel [10](#).
 Wasserhuhn [763](#).
 Wasserkäfer [780](#).
 Wasserpflanzen [7](#) [8](#) [17](#) [104](#).
 Wasserscheide [14](#) [135](#) [760](#)—761.
 Wasserschncken [822](#).
 Wasserthiere [7](#).
 Wassertiefe, eine Formel [113](#).
 Wassertuff [689](#)—690.
 Wasserversetzung s. Zirkulation.
 Wasservogel [52](#) [71](#).
 Wattenmeer [32](#) [92](#) [846](#) [863](#).
 Wechselblüter [50](#).
 Wechsellagerung [33](#) [205](#).
 Weide [743](#) [781](#).
 Weihnachts-Insel [906](#).
 Weilburg [715](#).
 Weisses Meer [274](#) [600](#) [801](#).
 Weisskopf [172](#).
 Welle [72](#) [73](#) [76](#) [77](#) [585](#) [834](#).
 Wellenstau [584](#).
 Weltmeer [10](#) [857](#) [860](#).
 Weners-See [738](#).
 Wesenstein [716](#).
 Westafrika [30](#) [53](#) [84](#) [557](#) [815](#) [852](#).
 Western Ghats [621](#).
 Westindien [220](#) [245](#) [601](#) [679](#).
 Westphalen [703](#).
 Westströmung [79](#).
 Wetterbeständigkeit der Gesteine [566](#).
 Whittlesey Moor [704](#) [755](#).
 Willenmoesien [160](#).
 Wind [72](#) [576](#) [692](#).
 Windhosen [575](#).
 Windstau [83](#) [84](#).
 Windstille s. Kalmen.
 Winterstrand [99](#) [854](#).
 Wirbelkolk [615](#).
 Wirbelthiere [85](#) [204](#) [669](#) [754](#) [788](#) [827](#) [853](#).
 Wirbelwind [574](#)—577 [828](#).
 Wismar [677](#).
 Wörther See [77](#).
 Wokan-Insel [635](#).
 Wolf [780](#).
 Worli [804](#).
 Wüstengürtel: Klima [564](#) [571](#) [574](#)
 [579](#) [610](#) [653](#) [728](#) 776—800.
 Flora [564](#) [777](#).
 Fauna [797](#).
 Ablagerungen [663](#) [664](#) 778—800
 850—851 [971](#).
 Xanthellen [6](#) [7](#) [21](#) [39](#) [142](#) [233](#) [234](#) [249](#)
 [272](#).
 Xiphosuren [524](#).
 Yangtsckiang [127](#) [771](#) [881](#).
 Yarkand [798](#).
 Yeddo [837](#).
 Yellowstonepark [548](#) [654](#) [656](#) 822—825
 [831](#).
 Yukatanplateau [81](#) [349](#).
 Yuma [799](#).
 Zahnwale [144](#).
 Zahrez Chergui [786](#).
 Zahrez Rharbi [786](#).
 Zeit als geologischer Faktor [693](#).
 Zeitberechnung [639](#) [650](#) [656](#) [841](#) [848](#) [853](#)
 [899](#) [909](#) 961—962.
 Zeller See [764](#).
 Zenithfluth [70](#).
 Zerklüftung eines Gesteins [28](#) [96](#) [565](#)
 [602](#) [653](#).
 Zersetzung der Mineralien [543](#).
 Zetland-Inseln [281](#).
 Zeugenberg [613](#) [614](#).
 Ziegeninsel [594](#).
 Zink [68](#).
 Zirkulation [54](#) [59](#) [70](#) 83—86 [151](#) [861](#).
 Zirkulationsströme [83](#).
 Zonen der Flachseeflora [109](#) [110](#).
 der Flachseefauna 112—119.
 geologische [509](#).
 in einer Lagune [128](#).
 der Litoralflora 88—93.
 Zoologie X.
 Zoophyten [116](#) [203](#) [204](#) [228](#).
 Züricher See [424](#).
 Zuger See [424](#).
 Zuidersee [92](#).



Druckfehler und Nachträge.

- Seite XV Z. 28 v. o. Bedeutung zu streichen.
 „ XXIX Z. 19 v. u. statt getrozt lies getrotzt.
 „ 6 Z. 10 v. u. statt Chlorophyllkörner lies Chlorophyceen.
 „ 12 Z. 21 v. u. statt binomischer lies bionomischer.
 „ 19 Z. 18 v. o. statt symetrische lies symmetrische.
 „ 21 Z. 22 v. u. statt ist lies sind.
 „ 22 Z. 3 v. u. statt numerisch lies numerisch.
 „ 37 Z. 27 v. o. statt *Cystossira* lies *Cystoceira*.
 „ 37 Z. 19 v. u. statt Rothalgen lies Algen.
 „ 39 Z. 3 v. o. statt *Cruoriopsis* lies *Cruoriopsis*.
 „ 40 Z. 7 v. o. statt heliptropisch lies heliotropisch.
 „ 40 Z. 13 v. u. Man pflegt neuerdings das Wort „Schutzfärbung“ als allgemeineren Begriff zu verwenden, und das Wort „Mimicry“ auf diejenigen Fälle zu beschränken, wo ein Thier die Form und Farbe eines anderen Thieres, oder eines Pflanzentheiles nachahmt.
 „ 41 Z. 4 v. o. statt *Sygnathus* lies *Syngnathus*.
 „ 41 Z. 7 v. u. statt ihre lies ihrer.
 „ 42 Z. 24 v. o. statt Phosphorescenz lies Phosphorescenz.
 „ 43 Z. 19 v. o. statt Triboliten lies Trilobiten.
 „ 52 Z. 16 v. o. Nach WITTROCK (Om Snöns och Isens Flora 1883 S. 112) und DE LANGHEIM (Berichte der deutsch. botan. Gesellschaft 1892 S. 531) enthält die Schnee- und Eisflora gegen 70 Arten von Algen (Phycochromophyceen, Diatomeen, Conjugaten, Volvocineen, Protococcoideen, Conferenzoiden), Pilzen und Moosen.
 „ 65 Z. 17 v. o. Das Verzeichniss der Ostseemollusken von BOLL hat sich durch spätere Untersuchungen als unrichtig herausgestellt. Nach dem Jahresberichte der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Deutschen Meere in Kiel 1871 (IV. A. Die wirbellosen Thiere der Ostsee von K. MOEBIUS S. 126—135) finden sich in der Ostsee folgende Mollusken:

Muscheln:

Mytilus edulis, L.
Modiolaria discors, L.
Modiolaria nigra, Gray.
Modiolaria marmorata, Forb.
Montacuta bidentata, Mont.
Cardium edule, L.
Cardium fasciatum, Mont.
Astarte borealis, Chemn.
Astarte sulcata, da Costa.
Astarte compressa, Mont.
Cyprina islandica, L.
Tellina baltica, L.

Tellina tenuis, da Costa.
Scrobicularia piperata, Gmel.
Scrobicularia alba, Wood.
Solen pellucidus, Penn.
Corbula gibba, Ol.
Mya arenaria, L.
Mya truncata, L.
Saxicava rugosa, L.
Pholas crispata, L.
Pholas caudata, L.
Teredo navalis, L.

Schnecken:

Pontolimnax capitatus, O. F. Müll.
 Elysia viridis, Mont.
 Embletonia Marinae, Mr. u. Ms.
 Embletonia pallida, Ald. u. Hanc.
 Littorina littorea, L.
 Littorina obtusata, L.
 Littorina rudis, Mat.
 Lacuna divaricata, Fab.
 Lacuna pallidula, da Costa.
 Rissoa inconspicua, Ald.
 Rissoa octona, L.
 Rissoa striata, Ad.
 Hydrobia ulvae, Penn.
 Velutina haliotoidea, Fab.
 Cerithium reticulatum, da Costa.
 Triforis perversa, L.
 Buccinum undatum, L.
 Nassa reticulata, L.
 Fusus antiquus, L.
 Pleurotoma turricula, Mont.
 Neritina fluviatilis, L.
 Limnaea peregra, Müll.

Aeolis papillosa, L.
 Aeolis exigua, Ald. u. Hanc.
 Aeolis alba, Ald. u. Hanc.
 Aeolis Drummondii, Thomps.
 Aeolis rufibranchialis, Johnst.
 Dendronotus arborescens, Müll.
 Polycera ocellata, A. H.
 Polycera quadrilineata, Müll.
 Ancula cristata, Ald.
 Doris pilosa, Müll.
 Doris repanda, A. H.
 Doris proxima, A. H.
 Doris muricata, Müll.
 Philine aperta, L.
 Acera bullata, Müll.
 Utriculus obtusus, Mont.
 Utriculus truncatulus, Brug.
 Amphispheya hyalina, Turt.
 Odostomia rissoides, Hant.
 Chiton marginatus, Penn.
 Tectura testudinalis, Müll.

Dazu kommen, nach KOJEVNIKOV: La Faune de la mer Baltique orientale 1893 S. 20—22, folgende Formen:

Dreissena polymorpha, Pall.
 Cyclas cornutus L.
 Cyclas calyculata.
 Pisidium obtusale, Cless.
 Anodonta, sp.
 Unio pictorum, Lam.
 Valvata piscinalis, Müll.
 Bithynia tentaculata, L.
 Paludina vivipara, L.
 Paludina fasciata, Müll.

Limnaea stagnalis, L.
 Limnaea ampla, Hartm.
 Limnaea ovata, Drap.
 Limnaea vulgaris, Pf.
 Limnaea palustris, Müll.
 Limnaea succinea, Nils.
 Planorbis carinatus, Müll.
 Planorbis corneus, L.
 Planorbis albus, Müll.

Seite 70 Z. 13 v. o. statt welche lies welcher.

„ 75 Z. 20 v. o. statt tuberculatum war lies tuberculatum zwar.

„ 78 Z. 13 v. o. statt Seegelschiffe lies Segelschiffe.

„ 82 Z. 4—6 v. o. Auch — lebte noch, zu streichen.

„ 91 Z. 8 v. o. statt Brugiera lies Bruguiera.

„ 93 Z. 14 v. o. statt Tangenmantel lies Tangmantel.

„ 95 Z. 15 v. u. statt Grabsus lies Grapsus.

„ 102 Z. 8 v. u. nach Würmern einzuschalten: Arenicola marina L.

„ 110 Z. 16 v. u. statt Cruriopsis lies Cruoriopsis.

„ 111 Z. 7 v. o. statt Bornetium lies Bornetia.

„ 111 Z. 11 v. o. statt Bonmaisonia lies Bonnemaisonia.

„ 122 Z. 13 v. o. statt Bilumnus lies Pilumnus.

„ 122 Z. 23 v. o. statt Commatula lies Comatula.

„ 135 Z. 10 v. u. statt von lies vom.

„ 157 Z. 13 v. u. statt Ameliden lies Anneliden.

„ 160. Die Fussnoten sind 1) 2) 3) zu numerieren.

„ 161 Z. 3 v. u. statt ihn lies ihm.

„ 191 Z. 21 v. o. statt and lies und.

„ 204 Z. 12 v. o. statt wurden lies würden.

„ 204 Z. 17 v. o. statt fänden lies finden.

„ 213 Z. 20 v. u. statt geschlechtliche Fortpflanzung lies innere Knospung.

„ 247 Z. 7 v. o. und Z. 15 v. u. statt Carteriospongia lies Crateriospongia.

„ 248 Z. 12 v. o. statt verwölbt lies vorwölbt.

Seite 277 Z. 15 v. u. statt haben lies sein.

- „ 301. Ursprünglich war beabsichtigt, alle Echinodermengeschlechter in einer alphabetischen Liste zu vereinigen; als dann diese Liste getheilt wurde, sind verschiedlich die Namen: *Cingula*, *Funiculina*, *Molpadia*, *Semperia* unter den Echiniden, und *Pentacta*, *Echinarachnius*, *Schizaster*, *Thyone* unter den Asteriden stehen geblieben.
- „ 302 Z. 7 v. o. statt Mimicryfärbung lies Schutzfärbung.
- „ 306 Z. 21 v. o. statt carnea lies cornea.
- „ 367 Z. 19 v. u. statt Dreissensia lies Dreissena.
- „ 375 Z. 19 v. u. statt Zizyphus lies Zizyphinus.
- „ 377 Z. 16 v. o. statt Dosini lies Dosinia.
- „ 551 Z. 5 v. o. statt schliessen lies schliessen.
- „ 554 Z. 5 v. o. statt Nieldelta lies Nildelta.
- „ 554 Z. 5 v. u. statt II. lies I.
- „ 568 Z. 20 v. o. statt zimlich lies ziemlich.
- „ 571 Z. 26 v. o. statt terrassenförmigen lies terrassenförmigen.
- „ 589 Z. 2 v. o. statt Erscheinungen lies Erscheinungen.
- „ 597 Z. 20 v. o. statt Schiffe lies Schiffe.
- „ 600 Z. 25 v. o. statt das lies dass.
- „ 616 Z. 6 v. u. statt das lies dass.
- „ 673 Z. 3 v. o. statt Phryganenlarven lies Phryganeenlarven.
- „ 673 Z. 16 v. u. statt Phosphors. lies Phosphors.
- „ 693 Z. 1 v. u. statt 1888 lies 1868.
- „ 779 Z. 30 v. o. statt bläst lies bläst.
- „ 797 Z. 16 v. u. statt Sandkörnrre lies Sandkörner.
- „ 831 Z. 20 v. u. statt glühende lies glühende.
- „ 859 Z. 10 v. o. statt 3440 lies 2000.
- „ 863 Z. 12 v. o. statt des lies der.
- „ 873 Z. 24 v. o. statt der lies an der.
- „ 900 Z. 2 v. o. statt der lies welches.
- „ 925 Z. 4 v. o. statt Aushölung lies Aushöhlung.
- „ 947 Z. 2 v. o. statt mit, blossen lies mit blossen.
- „ 1002 Z. 1 v. u. statt palaeozoisches lies cambrisches.
- „ 1006 Z. 6 v. u. statt Geteine lies Gesteine.
- „ 1007 Z. 24 v. u. statt Korallen, kalke lies Korallenkalke.
- „ 1011 Z. 4 v. o. statt *Brugiera* lies *Brugiera*.
- „ 1011 Z. 31 v. o. *Bilumnu* 122 zu streichen.
- „ 1011 Z. 22 v. u. statt *Bonnemaisonia* lies *Bonnemaisonia*.
- „ 1011 Z. 17 v. u. statt *Bornetia* lies *Bornetium*.
- „ 1013 Z. 12 v. u. statt *Cruriopsis* lies *Cruoriopsis*.
- „ 1025 Z. 26 v. o. statt *Sygnathus* lies *Sygnathus*.

UNIV OF MICH

OCT 24 1908

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 06823 8057

Small

